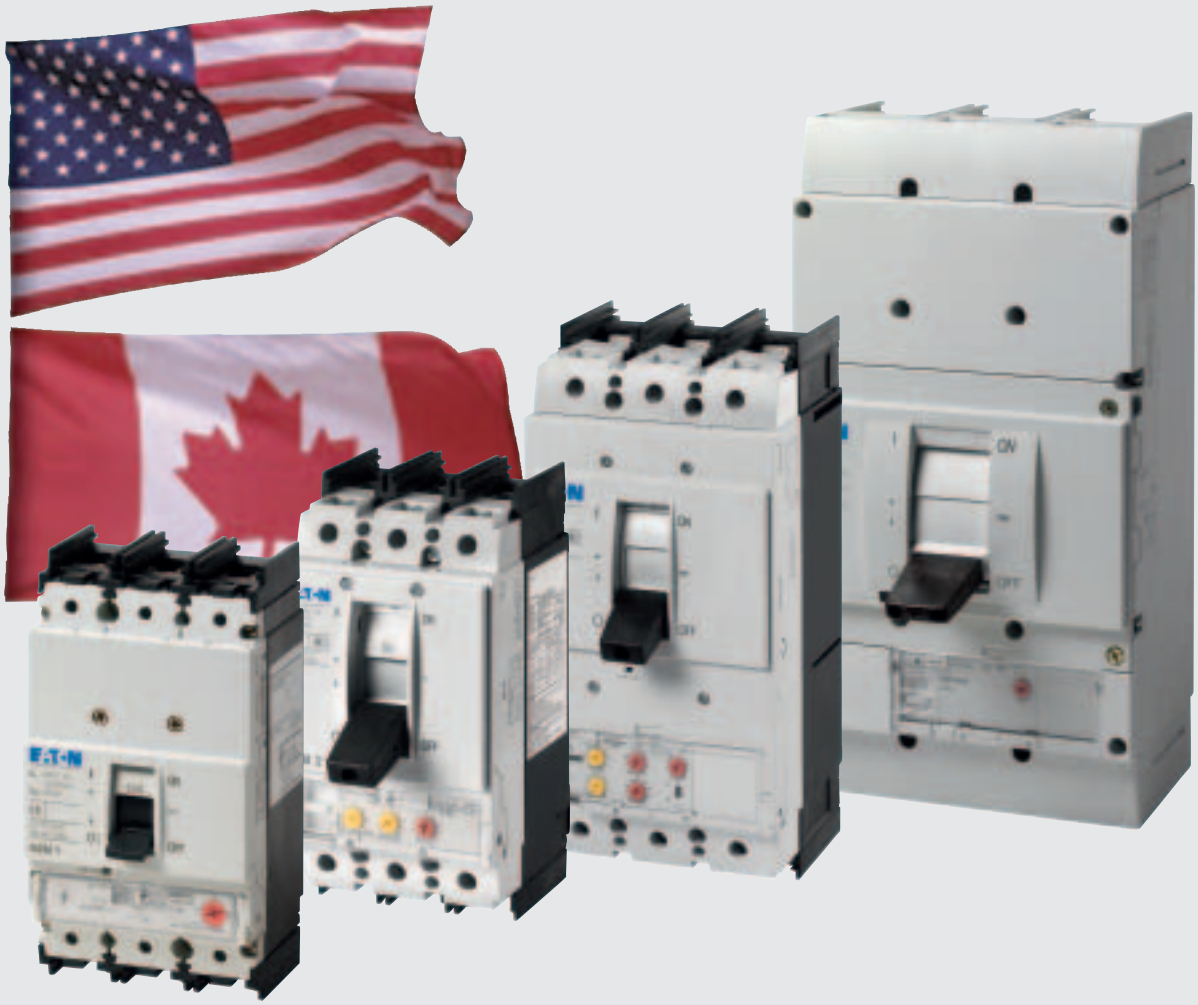
Leistungsschalter für den Einsatz in Nordamerika



Fachaufsatz
Dipl.-Ing. Wolfgang Esser
2. überarbeitete Auflage 2011

Powering Business Worldwide

Leistungsschalter für den Einsatz in Nordamerika

Inhalt	Seite
Zusammenfassung für Schnellleser	**3**
Suchhilfe und Klassifizierung der Schalterarten	**3**
Auswahlempfehlungen für Schnellleser	**4**
Zu diesem Aufsatz	**5**
Einleitung: Andere Länder, fremde Regeln	**6**
Weltmarkt-Schaltgeräte oder marktspezifische, separate Gerätereihen	**7**
Auch wichtig: IEC-Leistungsdaten und CE-Zeichen	**7**
Schaltgeräteanwendungen nach unterschiedlichen nordamerikanischen Standards	**8**
Arten der nordamerikanischen Approbationen (Zertifizierungen)	**8**
Mitwirkung der Verarbeiter und Betreiber approbierter Komponenten	**10**
Überblick über das Sortiment der Lasttrennschalter, *Molded Case Switches* und Leistungsschalter für Nordamerika	**11**
„Typisch nordamerikanische" Leistungsschalter in der Energieverteilung – für nicht-motorische Last – für motorische Last	**15**
Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern	**21**
Motorschutz/Anlagenschutz	**22**
Zusatzanforderungen für Leistungsschalter für den Motorschutz	**22**
Anforderungen an Motorstarter für den nordamerikanischen Markt	**24**
Leistungsschalter ohne Überlastauslöser: wichtige Bestandteile nordamerikanischer Motorstarter	**26**
Motorschutz-Leistungsschalter *NZM* – und mehr –	**28**
Leistungsschalter für besondere Anwendungen auf dem nordamerikanischen Markt	**31**
Auslösekennlinien von Leistungsschaltern und eine Einstellhilfe	**31**
Art der Stromunterbrechung bei Leistungsschaltern – Nullpunktlöscher oder Schalter die den Kurzschlussstrom begrenzen –	**33**
Strombegrenzende Leistungsschalter im *Industrial Control Panel* nach UL 508A	**39**
Lasttrennschalter *N* oder *Molded Case Switches NS*	**40**
Vorteile von Leistungsschaltern gegenüber Schmelzsicherungen in nordamerikanischen Feeder und *Branch Circuits*	**41**
Approbiertes Zubehör für den Steuerungs- und Verteilerbau	**42**
Neues Sammelschienensystem *SASY 60i* ermöglicht weitere Rationalisierungen bei der Verarbeitung von Leistungsschaltern	**43**
Besondere Anforderungen beim Einbau von Leistungsschaltern in nordamerikanischen Schaltanlagen	**46**
Türverriegelungen	**47**
Schaltergriffe mit hoher nordamerikanischer Schutzart	**51**
Der neue Zusatzgriff mit *„deliberate action"*	**55**
Der nordamerikanische Griff mit *„vertical motion"*	**57**
Kennzeichnungen, Warnhinweise und Dokumentationen	**57**
Weitere Anforderungen beim Bau von NA-Schaltanlagen	**58**
Einfluss der Netzform auf die Schaltgeräteauswahl	**59**
Leistungsschalter *FAZ..-NA* nach UL 489 für kleine Stromstärken	**59**
Kompakte Leistungsschalter PKZM4-..-CB	**60**
Verbindlichkeit	**60**
Danksagung	**60**
Literatur	**60**
Glossar	**61**

Zusammenfassung für Schnellleser

Für die Entwicklung und Anwendung von Lasttrennschaltern *N, PN, Molded Case Switches NS,* und Leistungsschaltern *NZM,* sowie für Motorstarter, die mit Leistungsschaltern aufgebaut werden, gelten unterschiedliche Normen und Marktgewohnheiten, einerseits im Bereich Nordamerika (USA und Kanada) und andererseits in den Ländern, in denen die IEC-Normen angewendet werden.

In Nordamerika wird zunächst unterschieden zwischen Geräten für die Energieverteilung (wie z. B. UL 489) [1] **und Industrieschaltgeräten** (nach UL 508, UL 60947) [2]. Diese grundsätzliche Unterscheidung kennt man in der IEC-Welt nicht. Ausgangspunkt für viele Missverständnisse und Projektierungsfehler war in der Vergangenheit die nordamerikanische Forderung und Marktgewohnheit, ein separates Vorschaltschutzorgan mit größeren Luft- und Kriechstrecken wie nach der UL 489 bzw. CSA-C22.2 No. 5-09 vor Motorschutzschaltern nach UL 508 bzw. CSA-C22.2 No. 14 zu verlangen. Realisieren ließ sich diese Forderung durch Leistungsschalter oder Schmelzsicherungen.

Der klassische Motorschutzschalter, z. B. der *PKZM0* ist kein Leistungsschalter im Sinne der nordamerikanischen Normen. Die UL 489 und die CSA-C22.22 No. 5-09 sehen wesentlich größere Luft- und Kriechstrecken vor, als die IEC-Standards und die damit harmonisierten EN-Normen. Betroffen waren von dieser Regelung in erster Linie kleine Motorschutzschalter, wie z. B. der *PKZM0*, die von der Baugröße her in der IEC-Welt die kompaktesten „Leistungsschalter" darstellen. Die Verwechselungen wurden dadurch unterstützt, dass andere Schaltgeräte-Hersteller diese kleinen Motorschutzschalter, zumindest in der IEC-Welt, ebenfalls als Leistungsschalter bezeichnen. Dieses Problem wurde inzwischen gelöst. Heute erreicht man mit Zusatzklemmen auf der Eingangsseite der Schalter die geforderten großen Luft- und Kriechstrecken (bei UL 508 Type E-Startern, UL 508 Type F-Startern [3]). Trotzdem bleiben die Schalter lediglich UL 508-Geräte und diese Geräte besitzen die wesentliche Einschränkung, dass sie lediglich in starr geerdeten Sternnetzen, z. B. bei 480Y/277 V oder 600Y/347 V, eingesetzt werden dürfen.

Mit den Leistungsschaltern *NZM 1..-...-NA* bis *NZM 4..-...-NA* werden die Anforderungen der nordamerikanischen Normen optimal gelöst. Alle Nordamerika-Varianten dieser Schalter sind nach der härteren UL 489 approbiert. Spezielle Leistungsschalter für den Motorschutz erfüllen zusätzlich die motorschutzspezifischen Anforderungen an die Auslösung nach UL 508. Da die Schalter für Nordamerika und für die IEC-Welt geometrisch gleich sind, können Schaltschränke für beide Regionen ein gleichartiges Layout erhalten oder alternativ können die Schalter mit dem Typenzusatz „*-NA*" und dem CE-Zeichen als „Weltmarktgeräte", weltweit eingesetzt werden.

Der Aufsatz klassifiziert die Moeller series Leistungsschalter von Eaton nach
- der Art ihrer Approbation,
- ihren Schalt- und Schutzaufgaben,
- ihrer Zuordnung zu den Standards UL 489 bzw. UL 508, sowie nach
- ihrer technologischen Leistungsfähigkeit durch ihre Ausstattung mit verschiedenartigen, stromabhängigen Auslösern, die entsprechend der zu lösenden Aufgabe ausgewählt werden.

Die Schalter wurden den nordamerikanischen Marktgewohnheiten, auch hinsichtlich der Bedruckung und der Bedienungsanleitung angepasst. Schalter mit fest eingestellten Überlastauslösern werden in der IEC-Welt nur selten eingesetzt (z. B. in Asien und in der Gebäudeinstallationstechnik). Zum Teil verfügen die approbierten Schalter über Bemessungsstromstärken, die für die IEC-Welt untypisch sind. Andere Schalter wurden nach den neuesten Approbationsmöglichkeiten speziell für den Motorschutz nach den nordamerikanischen Vorstellungen qualifiziert (**Tabelle 1**). Neu sind Lasttrennschalter mit integrierten Kurzschlussauslösern, die in Nordamerika als *Molded Case Switches* sehr häufig als Hauptschalter eingesetzt werden.

Suchhilfe und Klassifizierung der Schalterarten

Im folgenden Text werden die verschiedenen Varianten der Lasttrenn- und Leistungsschalter mit ihren typischen Einsatzfeldern vorgestellt. Um dem Leser eine Orientierungshilfe durch die folgenden Tabellen anzubieten, wird für diesen Aufsatz der Begriff „**Schalter der Art ...**", mit den Ausprägungen: **A**, **B**, **C, D** und **E** eingeführt. Zusätzlich wird die Orientierung mit farblichen Markierungen unterstützt. Die Bezeichnungen beruhen **nicht** auf Klassifikationen in den Normen. Es besteht auch kein Zusammenhang zu den nordamerikanischen „*Construction types*" für Motorstarter. Diese exklusive Hilfe nur für diesen Aufsatz findet man auch nicht in weiteren Eaton Dokumentationen. Grundsätzlich erfolgen Auswahl und Kombination der Eaton Produkte anhand ihres Bestell-Typs oder ihrer Artikelnummer.

Selbst wenn Motoren geschaltet und geschützt werden, stellt die Schalterauswahl kein Problem dar. Eaton bietet für den OEM oder Schaltanlagenbauer zwei technische (und wirtschaftliche) Alternativen:

- die **nordamerikanisch orientierten Motorstarterlösungen**, bestehend aus **3 Komponenten**:
  - UL 489 – Leistungsschalter ohne Überlastfunktion ***NZM..-S(E)..-CNA***
  - UL 508 – Leistungsschütz ***DIL M***
  - UL 508 – Motorschutzrelais ***ZB*** oder ***ZEV***

oder
- UL 489 – Leistungsschalter mit fest eingestellter Überlastfunktion ***NZM..-A(E)F..- NA*** oder ***NZM..-VEF..-NA***
- UL 508 – Leistungsschütz ***DIL M***
- UL 508 – Motorschutzrelais ***ZB*** oder ***ZEV***

Eignung für Haupt- und Nebenanwendungen										
Hauptanwendungen						**Nebenanwendungen**		**Typ**	**Suchhilfen in diesem Aufsatz**	
Kurzschlussschutz	Kurzschluss- und Überlastschutz einsetzbar für den Anlagenschutz	Kabelschutz	Generator-, Trafoschutz	Selektivschutz mit verzögertem Kurzschlussauslöser	Motorschutz	Hauptschalter	Not-Aus		weiterführende Tabellen in diesem Aufsatz	interne Klassifikation: Schalterart
1)						X	X	***NS..-..-NA***	**11**	**A**
X 2)					(X) 3)	(X) 5)	(X) 5)	***NZM..-S..-CNA***	**17 a/b**	**B.1**
X 2)					(X) 3)	(X) 5)	(X) 5)	***NZM..-SE..-CNA***	**18**	**B.2**
	X	X			(X) 3)	X	X	***NZM..-AF-..-NA***	**13 a/b/c**	**C.1**
	X	X			(X) 3)	X	X	***NZM..-AEF..-NA***	**14**	**C.2**
	X	X	X	X	(X) 3)	X	X	***NZM..-VEF..-NA***	**21/23**	**C.3**
	X	X			(X) 3)	X	X	***NZM..-A..-NA***	**15**	**D.1**
	X	X			(X) 3)	X	X	***NZM..-AE..-NA***	**16**	**D.2**
	X	X	X	X	(X) 3)	X	X	***NZM..-VE..-NA***	**22/23**	**D.3**
	X	X			X 4)	X	X	***NZM..-ME..-NA***	**20**	**E**

(X) Bedingt einsetzbar, Motorschutzfunktion durch zusätzliches Motorschutzrelais
1) Eigenschutz des Schalters bis zu den in Tabelle 11 angegebenen maximalen Kurzschlussströmen
2) Nur einsetzbar nach nordamerikanischen Codes und Standards in approbierten Motorstartern *(Certified Combination Motor Controllers)*
3) nur in Kombination mit geeignetem Schütz und Motorschutzrelais
4) Schalter wird üblicherweise mit einem Schütz zum Motorstarter kombiniert
5) nur für einzelne Motorstarter

Tabelle 1: Die Bedeutung der farblichen Markierungen wird im Aufsatz erläutert. Die Tabelle zeigt, für welche Anwendungen die verschiedenen Schalter eingesetzt werden können. Zum Teil sind zusätzliche Schalt- und Schutzgeräte notwendig.

- oder die mehr **nach IEC orientierte Lösung**, bestehend aus **2 Komponenten**, die aber ebenfalls nach UL und CSA approbiert ist:
  - UL 489 – Leistungsschalter mit *UL 508*-Kalibrierungsprüfung ***NZM..-ME...-NA***
  - UL 508 – Leistungsschütz ***DIL M***.

Im Aufsatz werden den Kurzschlussstrom begrenzende Leistungsschalter nach nordamerikanischen Normen vorgestellt, die eine besondere Rolle bei der Ermittlung des *Short Circuit Current Ratings (SCCR)* nach UL 508A Supplement SB [4] spielen. Der Aufsatz erläutert schließlich noch die abweichenden nordamerikanischen Anforderungen an die Betätigungs- und Abschließeinrichtungen der Schalter und ihren Einbau in Schaltanlagen nach UL 508A und NFPA 79 [5].

Bei den Betätigungseinrichtungen der Schalter werden in Exportanlagen sehr häufig Fehler gemacht. Vorgestellt wird die Betätigung der Schalter durch eine „bewusste Handlung" *(Deliberate Action)* bei offenen Schaltschranktüren. Es wird erläutert, dass die unterschiedlichen Anforderungen nicht alleine vom Schaltgerätehersteller sichergestellt werden können, sondern dass der Schaltanlagenbauer und der Schaltanlagenbetreiber bei der Erfüllung der Normen mitwirken müssen.

Es wird deutlich, dass die Approbationsmaterie nicht ganz einfach ist [6]. Sie unterliegt einer ständigen Weiterentwicklung, die sorgfältig beobachtet werden muss. Es gibt viele Details, die der Anwender nur vom Schaltgerätehersteller erfahren kann. Neben der Verwendung von approbierten Schaltgeräten sind auch bei der Projektierung und im Schaltanlagenbau Besonderheiten zu beachten und die verarbeitende Werkstatt sollte vorteilhafterweise ebenfalls approbiert sein. Die Firma SAE Schaltanlagenbau Erfurt GmbH[1], die aus dem früheren Moeller Werk Erfurt entstanden ist, kann komplette Schaltanlagen mit *UL-Listing-Marks* oder *CSA-Certifikation-Marks* projektieren und bauen. Vertrauen Sie auf die jahrzehntelangen Erfahrungen: Approbationen waren bereits eine Stärke von Moeller.

Auswahlempfehlungen für Schnellleser

Die **Tabelle 2** gibt zusammenfassend Auswahlempfehlungen zu Schaltern für die Energieverteilung und den Motor-

[1] www.sae-erfurt.de

Auswahlempfehlung für Eaton Leistungs-		
Typ	Interne Klassifikation in diesem Aufsatz: **Schalterart**	Approbation für die USA, nach
NS..-..-NA	**A**	UL 489
NZM..-S..-CNA	**B.1**	UL 489
NZM..-SE..-CNA	**B.2**	UL 489
NZM..-AF..-NA	**C.1**	UL 489
NZM..-AEF..-NA	**C.2**	UL 489
NZM..-VEF..-NA	**C.3**	UL 489
NZM..-A..-NA	**D.1**	UL 489
NZM..-AE..-NA	**D.2**	UL 489
NZM..-VE..-NA	**D.3**	UL 489
NZM..-ME..-NA	**E**	UL 489

1) Eigenschutz des Schalters bis zu den in Tabelle 11 (Seite 18) angegebenen maximalen Kurzschlussströmen
* es können sich aber u. U. Einsparungen bei der Verkupferung ergeben.
EM = elektromechanisch EL = elektronisch

Tabelle 2: Für den Export nach Nordamerika werden die ermöglichen ein effizientes Schaltschrank-Layout nach relais für Nordamerika realisiert werden.

schutz in Nordamerika. Die für den Export empfohlenen Schalter für den Motorschutz ermöglichen besonders wirtschaftliche Lösungen im Schaltanlagenbau, sie entsprechen aber heute noch nicht den nordamerikanischen Anwendungsgewohnheiten. Die Schalter erfüllen voll die gültigen nordamerikanischen Normen. Sie ermöglichen bis 200 A den platzsparenden Aufbau von Motorstartern mit lediglich 2 Komponenten (Leistungsschalter und Schütz), wie in der IEC-Welt üblich. Sie werden sich auch in Nordamerika zunehmend durchsetzen und die nordamerikanischen Kollegen weiter von unserer hoch effizienten Schaltgerätetechnologie überzeugen. Aber auch die „konventionelle, nordamerikanische" Lösung ist mit den Leistungsschaltern *NZM* und Motorschutzrelais *ZB* oder *ZEV* realisierbar.

Die Leistungsschalter müssen immer entsprechend ihres Bemessungsstromes verkupfert werden. Da die Schalter mit elektronischen Auslösern größere Einstellbereiche besitzen, kann die Differenz zwischen dem benötigten (eingestellten) Strom und dem Bemessungsstrom des Schalters so groß sein, dass man theoretisch unterschiedliche Leiterquerschnitte wählen könnte. Im Einzelfall kann es daher sinnvoll sein zu prüfen, ob man beim Einsatz der fest eingestellten, „nordamerikanischen" Schalter mit kleineren Kupferquerschnitten auskommt. Das ist besonders wirtschaftlich, wenn man große Ströme über weite Entfernungen übertragen muss (Kabelkostenreduzierung).

Zu diesem Aufsatz

Der Aufsatz wendet sich an Planer, Projekteure und Schaltanlagenbauer, die exportieren wollen, also hauptsächlich an Personen außerhalb Nordamerikas. Dieser Hinweis ist deshalb wichtig, weil viele Lösungen gezeigt werden mit dem Ziel, nahe bei den IEC-Lösungen zu bleiben, weil z. B. Maschinen- und Anlagenbauer Lösungen suchen, die möglichst international eingesetzt werden können. Auf die Darstellung der für die Approbationen im Einzelnen erforderlichen Prüfungen und auf die Darstellung konstruktiver Details wird verzichtet. Obwohl der Aufsatz recht umfangreich ist, beschäftigt er sich lediglich mit dem Teilaspekt der Lasttrenn- und Leistungsschalter für Nordamerika, sowie mit ihrem Einsatz in Motorstartern. Die Projektierung kompletter Schaltanlagen erfordert zusätzliches Wissen über die nordamerikanische Normensituation, anwendungstechnische Besonderheiten und Marktgewohnheiten.

Um den vorliegenden Aufsatz kürzer und übersichtlich zu halten, wird für Erläuterungen

- zu der Approbationspflicht nach NEC, OSHA und CEC,
- zu den grundsätzlichen Anforderungen zur Approbation von Schalt- und Schutzgeräten für den Einsatz in Nordamerika,
- zu den rechtlichen Grundlagen für nordamerikanische, elektrotechnische Systeme und
- zu den typischen nordamerikanischen Marktgewohnheiten,

auf den umfangreichen Fachaufsatz „Besondere Bedingungen für den Einsatz von Motorschutzschaltern und Motorstartern in Nordamerika" [3] verwiesen. Die-

und Lasttrennschalter für den Export auf den nordamerikanischen Markt (Moeller series)

Approbation für Kanada, nach	Zusatzqualifikation für die USA und Kanada	Überlastschutz	Kurzschlussschutz unverzögert	Kurzschlussschutz verzögert	Bedeutung dieser Art der Schalter in Nordamerika	Auswahlempfehlung für den Export nach Nordamerika
CSA-C22.2 No 5-09	-	ohne	[1]	-	große Bedeutung als Molded Case Switch (Trenner)	Trenner in der Energieverteilung, Hauptschalter
CSA-C22.2 No 5-09	-	ohne	EM	-	große Bedeutung in amerikanischen Motorstartern	für 3-Komponenten-Motorstarter > 200 A
CSA-C22.2 No 5-09	-	ohne	EL	-		
CSA-C22.2 No 5-09	-	EM, fest	EM	-	große Bedeutung in amerikanischen Motorstartern und in der Energieverteilung	für den Export weniger empfehlenswert *
CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, fest	EL	-		
CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, fest	EL	EL		
CSA-C22.2 No 5-09	-	EM, einstellbar	EM	-	große Bedeutung für Anlagen- und Kabelschutz	Empfehlung als Schalter in der Energieverteilung
CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, einstellbar	EL	-		
CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, einstellbar	EL	EL	große Bedeutung für Anlagen-, Kabel-, Trafo- und Generatorschutz,	Energieverteilung mit Zusatzanforderungen, wie Selektivität
CSA-C22.2 No 5-09	Kalibrierungsprüfung nach UL 508, CSA-C22.2 No.14	EL, einstellbar	EL	-	noch gering, da neuartige Schalterart	für den Motorschutz bei 2-Komponenten-Motorstartern ≦ 200 A

Schalter NS..-..-NA, NZM..-A(E)-..-NA und für komplexe Schutzaufgaben NZM..-VE..-NA besonders empfohlen. Die Schalter sind kompakt und sie IEC-Gesichtspunkten. Für den Motorschutz bis 200 A können mit dem NZM..-ME..-NA jetzt auch 2-Komponenten-Motorstarter ohne Motorschutz-

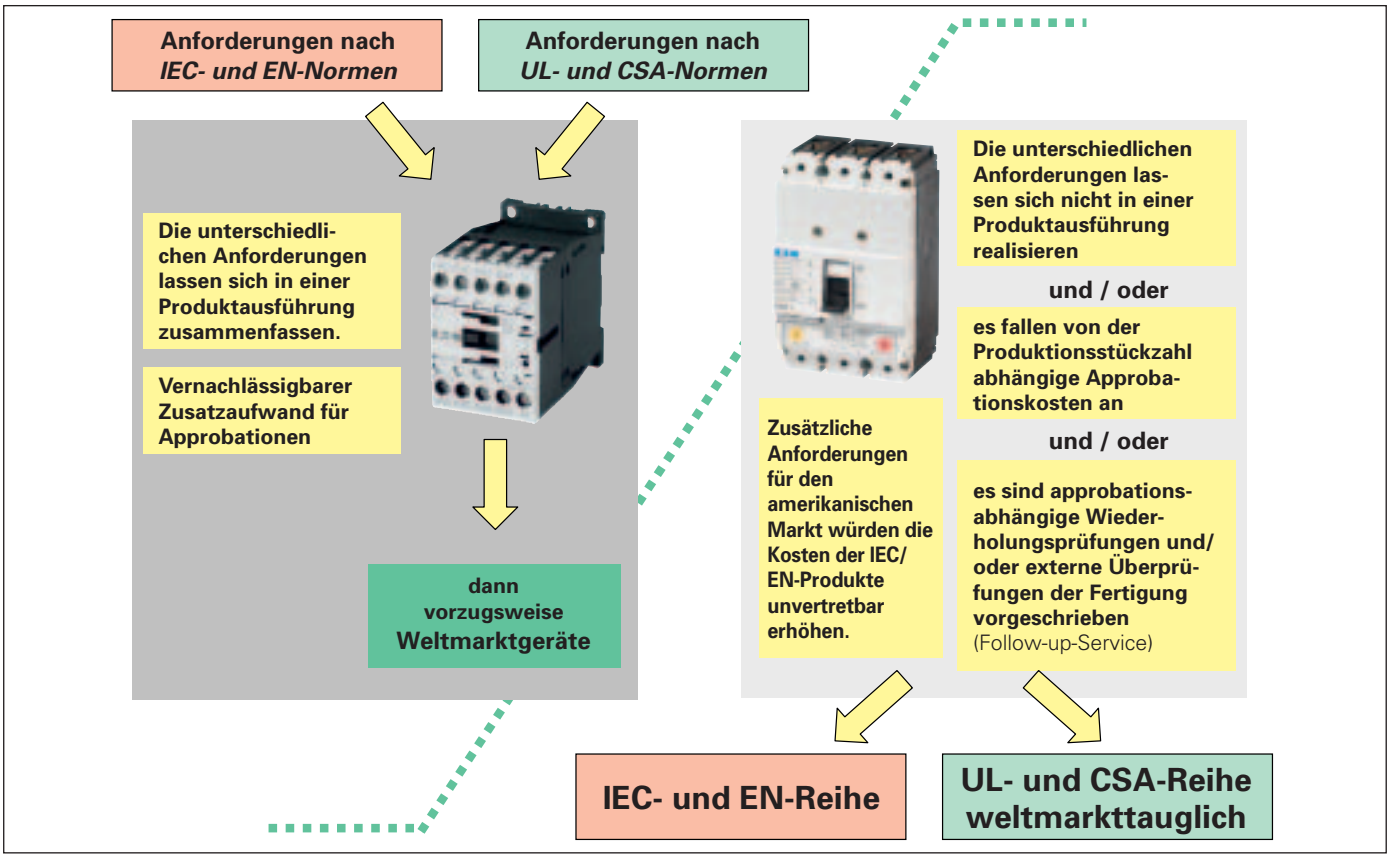


Bild 1: Um die weltweite Logistik überschaubar zu halten, bietet Eaton vorzugsweise eine mit allen notwendigen Approbationen und Zulassungen versehene Geräteausführung an. Diese Geräte werden bei Eaton als Weltmarktgeräte bezeichnet. Bei einigen Produkten, wie den Leistungsschaltern, ist dies technisch nicht möglich oder es würde die Preise von Schaltgeräte für Anwendungen, bei denen die Approbationen nicht benötigt werden, unvertretbar erhöhen. In diesen Fällen bietet Eaton unterschiedliche Gerätereihen an. Serienmaschinenhersteller setzen teilweise zur Typenreduzierung grundsätzlich die *NA*-Schalterreihe ein. Das ist zulässig, wenn die Schalter auch mit IEC-Daten und CE-Zeichen ausgestattet sind.

ser Aufsatz kann kostenlos in deutscher und englischer Sprache bei Eaton bezogen werden oder er kann, wie viele andere Aufsätze zum Export nach Nordamerika, auch aus dem Internet heruntergeladen werden. Wie bei den Motorstartern, sind auch für den Einsatz von Leistungsschaltern in Nordamerika grundsätzliche Unterschiede gegenüber dem Einsatz gleichartiger Schalt- und Schutzgeräte nach den internationalen IEC-Normen (IEC-Standards) zu beachten. Im vorliegenden Aufsatz wird auf die vorher erwähnten Themen nur soweit eingegangen, wie es für das Verständnis dieses Aufsatzes notwendig ist. Der Aufsatz stellt das Thema allgemeingültig dar. Wo er sich ausdrücklich auf Eaton Produkte bezieht, werden die Leistungsschalter *NZM 1..* bis *NZM 4..* direkt angesprochen. Die z.T. abweichenden Lösungen bei früheren Schaltergenerationen von Eaton werden im Aufsatz nicht mehr berücksichtigt.

Im Aufsatz werden feststehende nordamerikanische Begriffe verwendet (z. B. *Branch Circuit, Feeder Circuit, Branch Circuit Protective Device, Short Circuit Current Rating* usw.). Es ist sinnvoll, diese Begriffe nicht in andere Sprachen zu übersetzen, sondern sie zur Erleichterung der Kommunikation unverändert zu übernehmen, damit die Bedeutung/der Inhalt nicht verändert wird.

Die USA und Kanada besitzen jeweils eigenständige Normen-Systeme. Im Aufsatz werden die kürzeren Bezeichnungen der USA genannt. Es gibt meistens gleichwertige kanadische Normen. Zwischen beiden Normen-Systemen gibt es gewisse Unterschiede. Neue Normen entstehen meistens in den USA, sie werden dann meistens in Kanada mit geringfügigen Änderungen übernommen.

Einleitung: Andere Länder, fremde Regeln

Pokern Sie gerne? Es ist menschlich, darüber nachzudenken, wie man Regeln umgehen kann, aber lohnt sich das unkalkulierbare Risiko, dass eine Schaltanlage in Amerika nicht abgenommen wird? Auch die IEC-Normen enthalten Passagen, die schwer nachvollziehbar sind, besonders wenn man nicht täglich mit ihnen umgeht. Eaton möchte lieber das Risiko minimieren und die Regeln verständlich erklären. Zusätzlich entlastet Eaton die Kunden dadurch, dass möglichst alle konstruktionsnahen Abweichungen bereits bei der Schaltgeräteentwicklung berücksichtigt werden.

Wenn man mit dem Auto quer durch Europa fährt, gelten in den einzelnen Ländern unterschiedliche Verkehrsregeln. Ob Rechts- oder Linksverkehr, ob unterschiedliche Richtgeschwindigkeiten, es bleibt dem Autofahrer nichts anderes übrig, als diese Regeln zu lernen und zu respektieren. Man wird niemand finden, mit dem man eine Ausnahmeregelung für eine Fahrt in den Urlaub rechtsverbindlich vereinbaren könnte. Auch mit einem guten Rechtsanwalt im Rücken bleibt ein Restrisiko mehr oder weniger großer Unannehmlichkeiten. Das Risiko unbewusster Regelverstöße ist bereits groß genug.

Ähnlich ist es mit den Normen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen und Anlagen. Wie bei den Richtgeschwindigkeiten, erscheinen einem auch die elektrotechnischen Normen

teilweise als willkürlich und nicht immer ganz logisch. Es bleibt aber in der Regel nur die Möglichkeit, auch unbequeme Normen zu beachten. So weit wie möglich erfüllt ja Eaton bereits die durch die Komponenten realisierbaren Anforderungen. Es gibt aber auch unterschiedlich auslegbare oder nicht in den Normen beschriebene Situationen. Hier kann es hilfreich sein, rechtzeitig Vertreter der Approbations-Dienstleister zu befragen. Wenn Schaltanlagen für den Export nach Nordamerika bereits beim Hersteller (Schaltanlagenbauer) UL- oder CSA-Label erhalten, wird eine reibungslose Inbetriebnahme ganz wesentlich erleichtert. Da die Schaltanlagen am Einsatzort von einem örtlich zuständigen Inspektor abgenommen werden müssen, ist auch der Versuch einer Kontaktaufnahme mit dieser Person eine empfehlenswerte Methode, um unklare Situationen bereits in der Projektierungsphase verbindlich zu klären. Leider ist dieser Weg für Serienmaschinen, bei denen Betreiber und Einsatzort unbekannt sind, nicht gangbar.

Was man als Hersteller von Schaltschränken bei der Festlegung der Approbationsstrategie beachten sollte, ist die Tatsache, dass der Hersteller seine Schaltanlage oft nicht selbst am Einsatzort nachbessern kann, sondern dass er zugelassene, nordamerikanische Elektrofachleute mit den Nachbesserungsarbeiten beauftragen muss und dass er selbst lediglich als Supervisor auftreten kann. Wenn man sich entscheidet, ein Risiko bei der Zulassung und Abnahme einzugehen, sollte man das Risiko abschätzen können und möglichst eine Idee für die Nachbesserung besitzen. Generell empfiehlt Eaton, alle nordamerikanischen Richtlinien bei der Projektierung und dem Bau der Schaltanlage zu berücksichtigen.

Weltmarkt-Schaltgeräte oder marktspezifische, separate Gerätereihen

Unterschiedliche Normensituationen und Marktgewohnheiten in Europa und in Nordamerika können bei ihrer Nichtbeachtung zu ärgerlichen Verzögerungen oder zu aufwendigen Umbauten europäischer oder im internationalen Ausland gefertigter Schaltanlagen (z. B. Maschinensteuerungen) in Nordamerika führen. Der Aufsatz erläutert die unterschiedlichen Vorstellungen bezüglich des Aufbaus von Schaltanlagen und der Anwendung von Schalt- und Schutzgeräten in Nordamerika im Vergleich zur IEC-Welt. Der Aufsatz beleuchtet dabei lediglich die Einsatzbedingungen für Leistungsschalter. Die UL 508A [4] für die Gestaltung von Industrial Control Panels verweist auf etwa 70 weitere UL-Normen, die im Zusammenhang mit Maschinensteuerungen von Bedeutung sein können. Soweit es möglich ist, berücksichtigt Eaton als Schaltgeräte-Hersteller die Anforderungen dieser Norm bereits während der Schaltgeräte-Entwicklung. Das gilt auch für eine weitere, sehr wichtige Norm für die Maschinenausrüstung, die später erwähnte NFPA 79.

Für den Export von Schaltanlagen nach Nordamerika wird ein umfangreiches Expertenwissen benötigt und das Vorhandensein eines Stützpunktes in Nordamerika ist sehr hilfreich. Die Firma SAE Schaltanlagenbau Erfurt GmbH kann als Partner von Eaton die exportgerechte Projektierung elektrischer Schaltanlagen übernehmen und die Schaltanlagen im eigenen approbierten Werk bauen. Eaton kann auch in anderen Teilen Deutschlands leistungsfähige Werkstätten von Kunden benennen, die mit Eaton Komponenten approbierbare Schaltanlagen bauen und die Auftragsprojektierungen für den nordamerikanischen Markt übernehmen.

Nordamerikanische und europäische Eaton Mitarbeiter sind Mitglieder in wichtigen nordamerikanischen Normungsausschüssen. Daher besitzen sie immer die aktuellsten Informationen.

Wenn sich die technischen Anforderungen, die die nordamerikanischen und die internationalen Normen an Schalt- und Schutzgeräte stellen, in einer Geräteausführung vereinen lassen, bietet Eaton sogenannte *Weltmarktgeräte* an, die mit allen notwendigen Approbationen und Zulassungen versehen sind (**Bild 1**). Dies ist beispielsweise bei Schützen, Motorschutzschaltern oder Befehls- und Meldegeräten der Fall. Bei Leistungs- und Lasttrennschaltern werden zwei oder mehr Reihen für die unterschiedlichen Märkte angeboten. Speziell bei den Leistungsschaltern sprechen nicht nur die unterschiedlichen technischen Anforderungen für diese Trennung, sondern auch stückzahlabhängige Approbationskosten, die nur für die Geräte anfallen sollen, die nach Nordamerika exportiert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass die Werksinspektoren der nordamerikanischen Approbationsgesellschaften (*Zertifizierungsinstitute*) bei Abweichungen von der Approbationsakte (*Procedure, Reports*) im schlimmsten Fall die Fertigung stoppen können.

Die laufende Fertigung der Schaltgeräte für den nordamerikanischen Markt wird von Inspektoren der Approbationsgesellschaften regelmäßig überwacht (*Follow-up-Service*). Die Leistungsschalter unterliegen zusätzlich kostenpflichtigen, vierteljährlichen Re-Examinations (Wiederholungsprüfungen) durch die Approbationsgesellschaften im *Institute for International Product Safety* (I^2PS) in Bonn, dem akkreditierten Prüflaboratorium innerhalb der Eaton Firmengruppe. In diesem Prüflabor können auch UL- oder CSA-Approbationsprüfungen für Dritte (Schaltgerätehersteller oder Schaltanlagenbauer) durchgeführt werden.

Moeller series Schaltgeräte für den nordamerikanischen Markt werden bei Eaton mit den Typenzusätzen zum Bestelltyp **„-NA“** oder **„-CNA“** gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den Typenzusätzen „-NA“ und „-CNA“ werden später, im Kapitel „Arten der nordamerikanischen Approbationen“, erläutert. In der Eaton Terminologie bedeuten die Typenzusätze „-NA“ und „-CNA“, dass diese Geräte sowohl in den USA, als auch in Kanada eingesetzt werden dürfen.

Auch wichtig: IEC-Leistungsdaten und CE-Zeichen

Der Aufsatz beschreibt in erster Linie, was beim Export in Richtung Nordamerika zu beachten ist. Es gibt aber auch einen Re-Export dieser Produkte von Nordamerika in den Rest der Welt. Bei diesem Export wissen nordamerikanische Unternehmen durchaus die durchweg kleinere Bauform europäischer IEC-Schaltgeräte zu schätzen. Wegen ihres eigenen Exports legen nordamerikanische Unternehmen Wert darauf, dass die für Nordamerika approbierten Schalt- und Schutzgeräte zusätzlich mit IEC-Leistungsdaten und mit dem für den Einsatz im Gebiet der Europäischen Gemeinschaft (EG) wichtigen CE-Zeichen gekennzeichnet sind. Eaton berücksichtigt diesen Wunsch. Grundsätzlich stehen nordamerikanische Verbraucher allen Vorteilen, die europäische Produkte, wie z. B. Leistungsschalter, im Sinne der internationalen Sicherheitsnorm IEC/EN 60 204-1 [7] für die Ausrüstung von Maschinen und Anlagen bieten, sehr positiv gegenüber.

Sofern es die *„-NA“*-Varianten der Schalter auch in einer IEC-Version gibt, werden auf den Leistungsschildern der Schalter zusätzlich die IEC-Leistungsdaten angegeben. Teilweise besitzen die *„-NA“*-Schalter zusätzlich Schiffsapprobationen und Zulassungen für den chinesischen und russischen Markt. Die **IEC-Leistungsdaten besitzen jedoch für den Einsatz der Produkte in Nordamerika keinerlei Bedeutung**.

Es gibt aber auch eine zunehmende Zahl großer europäischer Maschinenbau-Unternehmen, die in ihren Serien-Maschinensteuerungen weltweit ausschließlich die für Nordamerika approbierten Leistungsschalter einsetzen. Sie entscheiden

sich dazu im Sinne eines effektiven Variantenmanagements. Sie wollen nicht zwei Varianten eines Schalters einsetzen. Den IEC-Schalter dürfen sie nicht in Nordamerika einsetzen, die Nordamerika-Ausführung, mit zusätzlichen IEC-Daten, dürfen sie jedoch weltweit einsetzen. Während in einem der vorstehenden Absätze erklärt wurde, dass bei Eaton IEC-Geräte mit nordamerikanischen Zulassungen als Weltmarktgeräte bezeichnet werden, gibt es nun einen Trend, bei den Leistungsschaltern die nordamerikanische Ausführung mit den IEC-Daten als Weltmarktgerät zu bezeichnen.

Schaltgeräteanwendungen nach unterschiedlichen nordamerikanischen Standards

In den USA und in Kanada unterscheidet man jeweils, entsprechend **Tabelle 3**, zwischen Geräten zur **Energieverteilung** (Distribution Equipment, wie Leistungsschalter nach UL 489 [1]) und **Geräten in industriellen Steuerungen** (Industrial control equipment, nach UL 508 [2]). In der Tabelle werden weitere anwendbare Normen genannt. Für diese beiden Gerätekategorien gelten nach den oben angegebenen, Normen unterschiedlich hohe Anforderungen an die Geräte. Üblicherweise werden Schaltgeräte nach der einen oder nach der anderen Norm approbiert. Im weiteren Verlauf des Aufsatzes wird erläutert, dass es auch sinnvolle Ergänzungen einer Grundapprobation nach UL 489 durch Teilprüfungen nach UL 508 gibt, die den Anwendungsbereich dieser Produkte erweitern und die Sortimente straffen (z. B. Approbation nach UL 489 plus Kalibrierungsprüfung nach UL 508 für den Motorschutz).

Die höchsten Anforderungen (Luft- und Kriechstrecken, Schaltvermögen, Robustheit, permanente *Re-examinations*) werden an die Geräte für die Energieverteilung gestellt, also auch an die meisten Leistungsschalter. Die Typprüfungen für Leistungsschalter zur UL- und CSA-Approbation gehören zu den härtesten Prüfungen der Welt. Es ist wichtig, die Teilung nach den beschriebenen Schaltgeräteanwendungen zu beachten, um im weiteren Verlauf dieses Aufsatzes die abweichende nordamerikanische Betrachtungsweise der Begriffe „Motorschutzschalter" und „Leistungsschalter" nachvollziehen zu können und um deren Einsatzmöglichkeiten zu beurteilen.

Arten der nordamerikanischen Approbationen

In Nordamerika sind elektrische Geräte einer Third Party Zertifizierung (Untersuchung durch eine zugelassene Stelle) zu unterziehen und danach sind sie kenn-

Gerätearten in Nordamerika	
Geräte für die Energieverteilung *(Distribution Equipment)*	**Industrieschaltgeräte** *(Industrial Control Equipment)*
z. B. UL 489, UL 98, UL 248 und CSA-C22.2 No. 4, CSA-C22.2 No. 5-09, CSA-C22.2 No. 248	**UL 508, UL 60947 und CSA-C22.2 No.14**
• Leistungsschalter (UL 489) • Molded Case Switches (UL 489) • Lasttrennschalter (UL 98) • Sicherungslasttrenner (UL 98) • Sicherungen (UL 248) Hinweis: UL 98 ≅ CSA-C22.2 No. 4 UL 248 ≅ CSA-C22.2 No. 248	• Leistungsschütze • Hilfsschütze • Motorschutzrelais • Motorschutzschalter • Nockenschalter • Befehlsgeräte und Positionsschalter • Elektronische Geräte und Systeme • Freiprogrammierbare Steuerungen
besondere Anforderungen:	**besondere Anforderungen:**
• Diese Geräte müssen in ihrer Bauart sehr robust sein und sie müssen größere Spannungsabstände als die übrigen Schaltgeräte besitzen: • (für 301...600 V: 1 Zoll Luftstrecke, 2 Zoll Kriechstrecke im Anschlussraum) • Zulässige Temperaturerhöhung geringer (50 °C statt 70 °C) • Bauart normalerweise größer als bei IEC-Geräten. • In Schaltanlagen zur Energieverteilung (Switchgears, Switchboards, Panelboards) dürfen für die Einspeisung und für die Abgänge nur diese Geräte verwendet werden. • Darüber hinaus werden sie aber auch in Industriesteuerungen als Hauptschalter oder Schutzschalter eingesetzt. • Die Prüfvorschriften für diese Geräte werden besonders streng gehandhabt und die laufende Fertigung unterliegt einer regelmäßigen Kontrolle durch Inspektoren der Prüfbehörden. • Zusätzlich turnusmäßige, vierteljährliche Re-Examination-Prüfungen • Die Typprüfungen für Leistungsschalter mit UL- und CSA-Approbation gehören zu den schärfsten Prüfungen in der Welt.	• Diese Geräte sind kleiner in ihrer Bauart und die Spannungsabstände sind nicht so groß wie bei Geräten zur Energieverteilung. • Diese Industrieschaltgeräte werden vorwiegend eingesetzt in elektrischen Steuerungen, in Motorstromkreisen und Verbraucherstromkreisen jeglicher Art, in Motorstarterverteilungen (MCC) und zur Ergänzung in Anlagen für die Energieverteilung. • Sie können in Steuerungen direkt mit Geräten zur Energieverteilung kombiniert werden, z. B. mit Leistungsschaltern als Hauptschalter oder in einem Motorabgang. • Auch hier wird die laufende Fertigung von Inspektoren der Prüfbehörden kontrolliert; die Kontrollbestimmungen sind hier jedoch nicht so weitgehend wie bei den Leistungsschaltern. • Tendenziell IEC-freundlicher

Tabelle 3: Unterscheidung zwischen Gerätearten in Nordamerika nach den nordamerikanischen Standards, z. B. UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09 für Leistungsschalter, beziehungsweise UL 508 und CSA-C22.2 No.14 für Industrieschaltgeräte. „UL" steht für die Normen der USA und „CSA..." kennzeichnet die Normen Kanadas. UL 98 = [8], UL 248-1 = [9]

Typenzusatz zum Bestelltyp bei Eaton	**Art der vorhandenen Approbation**	**Approbationszeichen** in USA *„Listing Marks“*	in Kanada *„Certifcation Marks“*
-NA	Das Gerät ist als Einzelgerät UL- und CSA-approbiert und tauglich für *„Field Installation“*		
		„Recognition Marks“	
-CNA	Das Gerät hat Komponentenapprobation bei UL, es ist **nicht** tauglich für *„Field Installation“*, bei seinem Einsatz sind die Conditions of Acceptability (CoA) einzuhalten. (Siehe auch Tabelle 5). Das Gerät ist als Einzelgerät *„CSA certified“*, es müssen ebenfalls spezielle Einsatzbedingungen beachtet werden.	(die Kennzeichnung erfolgt freiwillig)	

Tabelle 4: Gebräuchliche Approbationsvarianten und die entsprechende Kennzeichnung auf den Leistungsschildern sowie die bei Eaton üblichen Zusätze zum Bestelltyp. Die gelben Felder kennzeichnen uneingeschränkte Approbationen, bei den blauen Feldern sind in den USA unbedingt die Einschränkungen nach Tabelle 5 zu beachten. Auch in Kanada gelten Zusatzbedingungen.

zeichenpflichtig. Nach **Tabelle 4** sind unterschiedliche Arten der Approbationen üblich. Die Art der Approbation hat Auswirkungen auf die Anforderungen, die an die Auswahl, Beschaffung und die weitere Verarbeitung der Schalt- und Schutzgeräte gestellt werden. Die Zertifizierung ist die offizielle Bestätigung, dass ein untersuchtes Erzeugnis die im Land geltenden Standards erfüllt. Viele UL-Standards werden in den USA offiziell von ANSI als *American National Standards* übernommen.

Eaton lässt seine Produkte jeweils bei UL und CSA in den USA bzw. in Kanada approbieren. Da die Geräte hauptsächlich dort eingesetzt werden sollen, wird großer Wert auf eine authentische Interpretation der Richtlinien gelegt. Grundsätzlich wäre auch eine Approbation bei deren internationalen Landesgesellschaften oder bei Wettbewerbern dieser Gesellschaften möglich. Es gibt auch jeweils die Möglichkeit, bei UL oder bei CSA eine Approbation für beide Einsatzregionen zu realisieren.

Bei den **Industrieschaltgeräten** nach UL 508 [2] / UL 60947-1 [14] und auch bei den **Schaltgeräten für die Energieverteilung** (z. B. Leistungsschalter nach UL 489 [1]) wird in den USA zwischen vollständigen (z. B. *UL-LISTED*) und unvollständigen Approbationen (*Recognized Components*) unterschieden. Für beide Approbationsverfahren vergibt UL unterschiedliche Approbationszeichen. Ohne besondere Einschränkungen sind „gelistete“ Schaltgeräte einsetzbar (bei Eaton Typenzusatz ***„-NA“***). *„Recognized Components“* (bei Eaton Typenzusatz ***„-CNA“***) müssen noch mit weiteren Komponenten zu einem Endprodukt komplettiert werden.

Die Approbationsgesellschaften stellen erhöhte Anforderungen an die richtige Auswahl der *Recognized Components*, die fachkundige Kombination mit weiteren vorgeschriebenen Komponenten und schließlich an die Verarbeitung, die in Nordamerika ausschließlich in *approbierten* Werkstätten erfolgen darf. Approbierte Werke und Werkstätten unterliegen einem regelmäßigen Inspektionsdienst durch die Approbationsgesellschaften (*Follow-up-Service*). In ihren Approbationsakten (*Procedures*) werden die in den Fertigungsstätten jeweils zulässigen Verarbeitungsprozesse beschrieben. Nur approbierte Fertigungsstätten sind berechtigt, Schaltgeräte-Kombinationen und -anlagen mit nordamerikanischen Approbationslabeln zu versehen. Lediglich Produkte, die für *„Field Wiring“* und *„Field Installation“* zugelassen sind *(UL-Listed)*, dürfen außerhalb von Werkstätten am Aufstellungsort montiert und verdrahtet (angeschlossen) werden.

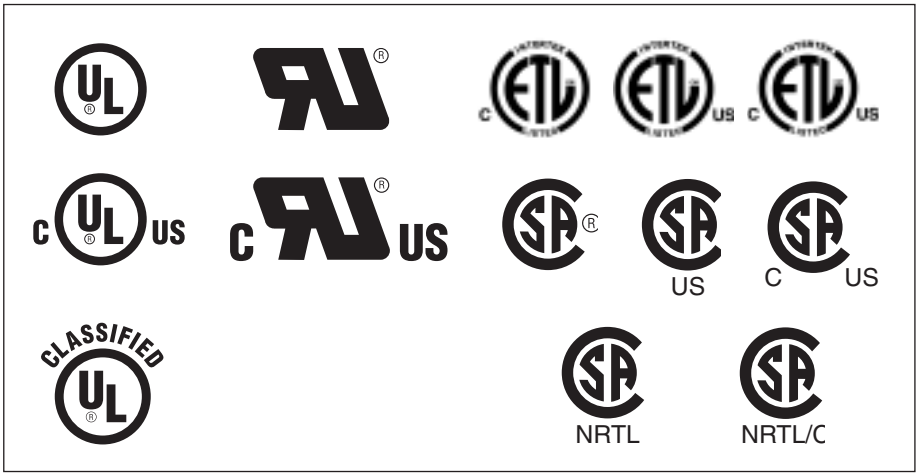


Bild 2: Weitere mögliche Approbationszeichen von UL und CSA. Eaton setzt diese spezielleren Zeichen zurzeit nur selten ein. Die Zeichen von ETL-Intertek sind die Zeichen einer weiteren Gesellschaft, bei der man Komponenten und Anlagen approbieren lassen kann. Mit den zusätzlichen Buchstaben „C“ und „US“ gelten die Approbationen der drei Gesellschaften für die USA und für Kanada.

Auch in Kanada kennt man Geräte, an deren Verarbeitung besondere Ansprüche, ähnlich wie bei *Recognized Components* in den USA, gestellt werden. CSA führt für derartige Geräte zurzeit ebenfalls ein besonderes Kennzeichen ein. Ein Dreieck kennzeichnet dabei Gerätearten, die in der Vergangenheit besonders häufig falsch eingesetzt wurden und denen besondere Beachtung zu widmen ist. Für den Einsatz in Kanada sind die in **Tabelle 3** (Seite 8) angegebenen kanadischen Standards einzuhalten. **Es gilt generell, wenn in diesem Aufsatz, zur Straffung, nur die UL-Normen genannt werden, dass in Kanada die äquivalenten Normen zu beachten sind.** Zwischen den UL- und CSA-Standards gibt es gewisse Unterschiede, die wenn notwendig erläutert werden. Neben den in der **Tabelle 4** (Seite 9) erläuterten Approbationszeichen gibt es, entsprechend **Bild 2**, weitere Varianten, die Eaton z. Z. nicht oder nur selten nutzt.

Listed Devices **Bei der Anwendung gelten keine Einschränkungen**	***Recognized Component Devices*** **Bei der Anwendung müssen Einschränkungen durch die Conditions of Acceptability beachtet werden**
• Geräte zugelassen für „field installation“ • „factory wiring“ ist in „field wiring“ eingeschlossen d. h. – für den Einbau in Steuerungen, die werksseitig oder in Werkstätten komplett verdrahtet werden – Verkauf von Einzelgeräten in den USA zulässig	• Geräte als Bausteine nur zugelassen für „factory wiring“ d. h. – Geräte müssen mit weiteren Komponenten komplettiert werden, bzw. sie werden als Komponente in Endprodukte eingebaut. – Geräte, die den Einsatzbedingungen entsprechend von qualifiziertem Personal ausgewählt wurden – für den Einbau in Steuerungen, die werksseitig oder in approbierten Werkstätten von fachlich geschultem Personal komplett projektiert, verdrahtet und geprüft werden – Einschränkungen beim Verkauf von Einzelgeräten in Nordamerika
Kennzeichnung:	Kennzeichnung:

Tabelle 5: UL unterscheidet in den USA bei den Industrieschaltgeräten nach UL 508 zwischen „Listed Devices“ und „Recognized Devices“. CSA macht diese Unterscheidung nicht. Devices = Geräte.

Achtung: Die Approbation ohne Einschränkung (*UL-LISTED oder CSA-CERTIFIED*) **bedeutet nicht**, dass diese Geräte wie in der IEC-Welt eingesetzt werden dürfen. Diese Produkte können lediglich im Sinne der nordamerikanischen Normen, ohne die bei *„Recognized Components“* beschriebenen Einschränkungen (**Tabelle 5**), eingesetzt werden und es wird durch die Listung die funktionale Eigenständigkeit (ein höherer Grad der Vollständigkeit der Funktionserfüllung) dieser Produkte dokumentiert. Die Applikationen (Energieverteilung oder Steuerungsanwendung, Motorstarter, Aufzugssteuerung) in denen die Geräte eingesetzt werden und die für die jeweilige Applikation tatsächlich erforderlichen Leistungsdaten müssen immer durch die Leistungsschildangaben der eingesetzten Schalt- und Schutzgeräte in vollem Umfang abgedeckt werden (Übereinstimmung mit dem Report). Die Approbation von Produkten reicht alleine noch nicht. Die Approbation des Schaltgerätes ist lediglich ein wichtiger Schritt, damit die Produkte entsprechend der Vorgaben von NEC und CEC eingesetzt werden dürfen. Die Übereinstimmung der Auswahl und Dimensionierung mit dem NEC oder CEC ist Bedingung für die Abnahme der Anlage durch den örtlichen Inspektor in Nordamerika. Neben nationalen Richtlinien sind u. U. weitere regionale Richtlinien oder Anweisungen größerer Städte *(City Codes)* zu beachten.

Bei den Leistungsschaltern *NZM..-... -(C)NA* ergeben sich nach den **Tabellen 6** und **7** drei Approbationskonstellationen. Die dritte Approbationsart ergibt sich als Mischform dadurch, dass bestimmte Schalter (**Schalter der Art E** → *NZM..-ME..-NA*) einerseits als „gelistete Geräte“ nach UL 489 als normale *Feeder-* und *Branch Protective*-Schalter eingesetzt werden dürfen und die gleichen Schalter andererseits zum Schutz von Motoren (in Motorstartern) nach UL 508 als *Motor Overload Protective Devices* approbiert wurden. Beim Einsatz in Motorstartern werden diese Schalter üblicherweise mit Schützen komplettiert. Angaben zu zulässigen Kombinationen sind in den Approbationsakten und in dem Eaton „Hauptkatalog, im Kapitel „Leistungsschalter“ zu finden.

Mitwirkung der Verarbeiter und Betreiber approbierter Komponenten

In Europa kennt man sogenannte Errichtungsnormen, wie z. B. die IEC/EN 60 204-1 [7] (Elektrische Ausrüstung von Maschinen), die Auflagen für bestimmte Anwendungen enthalten, die die Komponentenproduzenten nicht (alleine) sicherstellen können. Hier liegt die Verantwortung anteilig mit bei den Projekteuren, Schaltanlagenbauern, Installateuren oder Anlagenbetreibern.

Eine derartige Verantwortungsteilung ist auch in Nordamerika im Zusammenhang mit den Approbationen zu beachten. Ein Leistungsschalter ist als Komponente UL- und CSA-approbiert. Das ist eine wichtige, aber nicht immer die einzige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz in Nordamerika. Es ist notwendig, Leistungsschalter, die mit weiteren Schaltgeräten, z. B. zu einem Motorstarter kombiniert werden, für den Export nach Nordamerika nur mit Komponenten zu kombinieren, mit denen sie gemeinsam geprüft wurden. **Nur bei geprüften Kombinationen, die in den Approbationsakten** *(Reports)* des Herstellers **gelistet sind, können die optimalen technischen Daten genutzt werden (High Fault Ratings).** Diese Werte sind z. B. für die Optimierung des *Short Circuit Current Ratings (SCCR)* nach NEC und UL 508A erforderlich. Diese Regelung schließt praktisch die Kombination von Geräten verschiedener Hersteller aus, da hierbei immer nur die technischen Daten des schwächsten Produktes genutzt werden können (Standard Fault Ratings). Das kann eine ganz beträchtliche Reduzierung der Leistungsfähigkeit der Einzelkomponenten und der gesamten Schaltanlage bedeuten.

Der Anwender kann auf den Internetseiten der Approbationsgesellschaften Informationen über die approbierten Kurzschlussfestigkeiten von Motorstartern verschiedener Hersteller für *Industrial Control Panels* nach UL 508A finden (http://www.ul.com). Der einfachere Weg ist der Blick in die Kataloge der Hersteller. Bei Eaton ist es der „Hauptkatalog Industrie“ mit Angaben auf den Auswahlseiten. Weitere Informationen findet man auf den Internetseiten von Eaton (http://www.eaton.com/moellerproducts).

Art der Approbation und Einsatzmöglichkeiten der Schalter nach UL 489 bzw. UL 508						
Schalter Art	**Typ**	**Typen-zusatz**	Nordamerikanische Schalterbezeichnung	Grund-approbation	Zusatzqualifikation	Zusatzbedingungen beim Einsatz nach UL 508
A	***NS..-...-NA***	***-NA***	*Molded Case Switch**	UL 489	-	-
B.1	***NZM..-S..-CNA***	***-CNA***	*Instantaneous Trip Circuit Breaker*	UL 489	-	**zusätzlich Schütz und Motorschutzrelais verwenden****
B.2	***NZM..-SE..-CNA***	***-CNA***		UL 489	-	
C.1	***NZM..-AF..-NA***	***-NA***	*Inverse Time Circuit Breaker*	UL 489	-	**-**
C.2	***NZM..-AEF..-NA***	***-NA***		UL 489	-	**-**
C.3	***NZM..-VEF..-NA***	***-NA***		UL 489	-	**-**
D.1	***NZM..-A..-NA***	***-NA***	*Inverse Time Circuit Breaker*	UL 489	-	**-**
D.2	***NZM..-AE..-NA***	***-NA***		UL 489	-	**-**
D.3	***NZM..-VE..-NA***	***-NA***		UL 489	-	**-**
E	***NZM..-ME..-NA***	***-NA***	*Motor Protective Circuit Breaker*	UL 489	Kalibrierungs-prüfung für Motor-schutz nach UL 508	**üblicherweise wird für Motorstarter ein Schütz verwendet *****

Typenzusatz → Approbationsart
-NA = Listed Component ***-CNA*** = Recognized Component
* Lasttrennschalter mit integriertem Kurzschlussauslöser für den Schalterselbstschutz.
** Schalter, Schütz und Motorschutzrelais sind Bestandteile von *Listed Combination Motor Controllers*
*** Schalter ist mit Eaton Schützen als *Combination Motor Controller* gelistet

Einsatz möglich
als UL 508 Starter
nach UL 489 und UL 508

Tabelle 6: Einsatzmöglichkeiten der Schalter nach UL 489 und/oder UL 508. Zusatzbedingungen beachten.

Da alle Sortimentsänderungen das Approbationsverfahren durchlaufen müssen, lohnt sich bezüglich approbierter Komponenten immer das Gespräch mit dem Vertriebsmitarbeiter von Eaton, weil sich während der Laufzeit eines Kataloges immer wieder Verbesserungen und zusätzliche Lösungsmöglichkeiten ergeben. Dies gilt auch für die vorgestellten Leistungsschalter. Zusätzlich können jederzeit Anpassungen an Normenänderungen erforderlich werden.

Eaton stellt für die Leistungsschalter umfangreiches Zubehör, wie z. B. verschiedenartige Griffe, die der Projekteur entsprechend der jeweiligen Anwendung richtig auswählen muss. Dabei sind auch die Anforderungen der UL 508A und des NFPA 79 zu beachten. Grundsätzlich muss darauf hingewiesen werden, dass die Verwendung von approbierten Produkten alleine nicht ausreicht. Sie müssen immer konform mit den *Electrical Codes* (NEC und CEC) verarbeitet und kombiniert werden.

Überblick über das Sortiment der Lasttrennschalter, *Molded Case Switches* und Leistungsschalter für Nordamerika

In Nordamerika und zunehmend auch im Rest der Welt nennt man die in diesem Aufsatz beschriebenen Leistungsschalter wegen ihrer kompakten, gekapselten Bauart „*Molded Case Circuit Breakers*“ (Kompakt-Leistungsschalter) (**Bild 3**). Je nach der Art ihrer Funktion und ihrer Ausstattung mit stromabhängig wirkenden Auslösern werden sie in Kanada und in den USA als „*Inverse Time Circuit Breakers*“ (Leistungsschalter mit Überlastauslösern, die Auslösezeit ist umgekehrt proportional zur Höhe des Stromes) oder als „*Instantaneous Trip Circuit Breakers*“ (Leistungsschalter ohne Überlastauslöser) bezeichnet. Bei den Lasttrennschaltern gibt es Unterschiede in der Ausstattung, die im separaten Kapitel „Lasttrennschalter *(Switch Disconnectors) N* oder *Molded Case Switches NS*“, in diesem Aufsatz beschrieben werden.

Die **Tabelle 8** zeigt das Leistungsschalter-Sortiment mit den Bemessungsbetriebsströmen, die bei den Baugrößen *NZM 1*, *NZM 2*, *NZM 3* und *NZM 4* angeboten werden. In dieser Tabelle wird unterschieden zwischen Schaltern mit oder ohne elektromechanischen oder elektronischen, stromabhängigen Auslösern. Diese Tabelle zeigt aber lediglich die Schalter mit Überlastauslösern für den *Anlagen- und Kabelschutz*. Konkret wird unterschieden, zwischen

- **Schalter der Art B** – Leistungsschaltern **ohne** Überlastauslöser,
- **Schalter der Art C** – Leistungsschalter **mit fest eingestellten** Überlastauslösern und
- **Schalter der Art D** – Leistungsschalter **mit einstellbaren** Überlastauslösern.

Die **Schalter der Art B** (→ *NZM..-**S**..-CNA*, *NZM..-**SE**-CNA*) ohne Überlastauslöser, werden im Bereich der IEC-Normen sehr selten eingesetzt und die **Schalter der Art C** (→ *NZM..-**AF**..-NA*, *NZM..-**AEF**..-NA*, *NZM..-**VEF**..-NA*), mit fest eingestellten Überlastauslösern werden im IEC-Bereich fast gar nicht genutzt. Die **Tabelle 8** (Seite 14) zeigt außerdem eine Vielzahl von Leistungsschaltern mit Bemessungsbetriebsstrom-

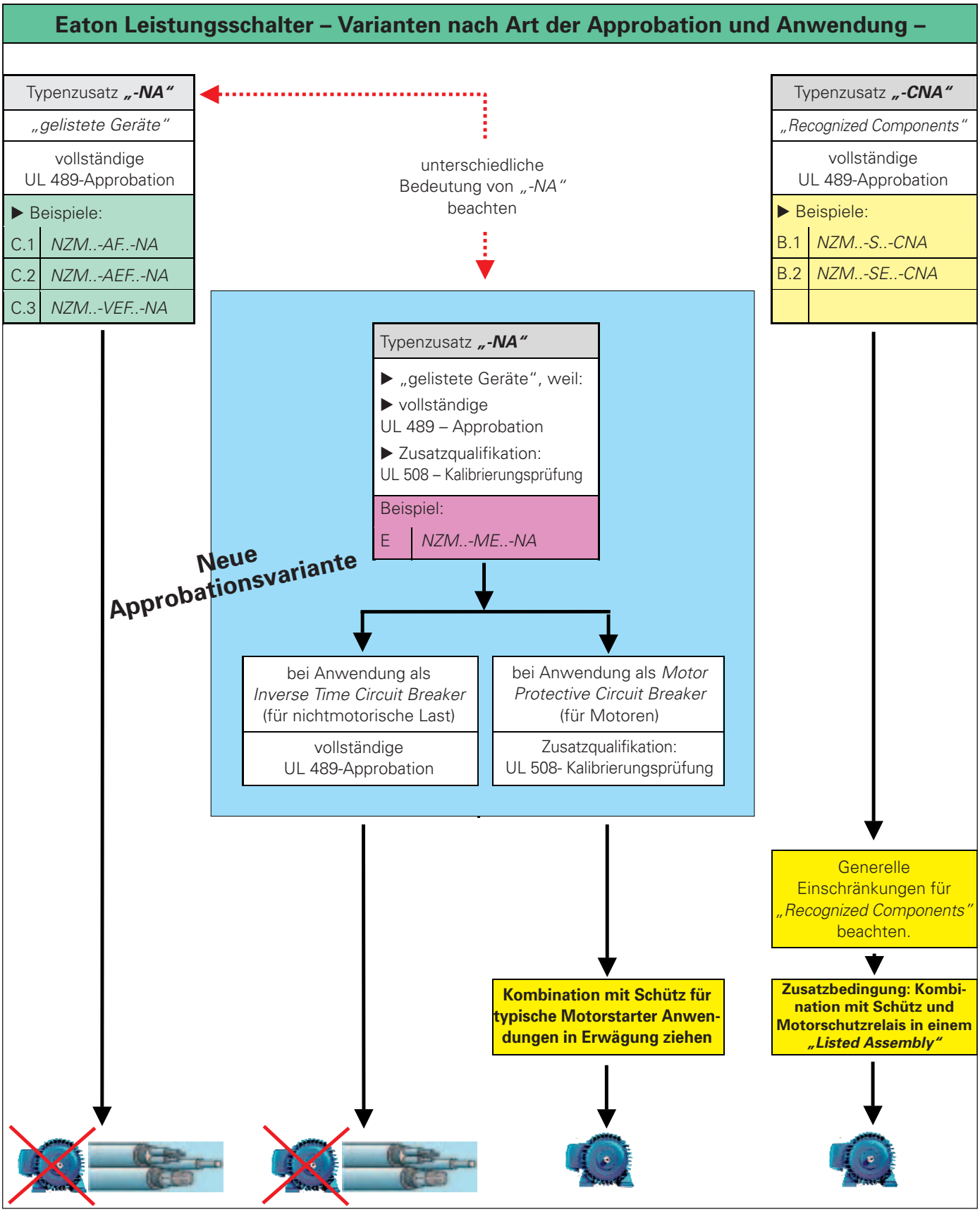
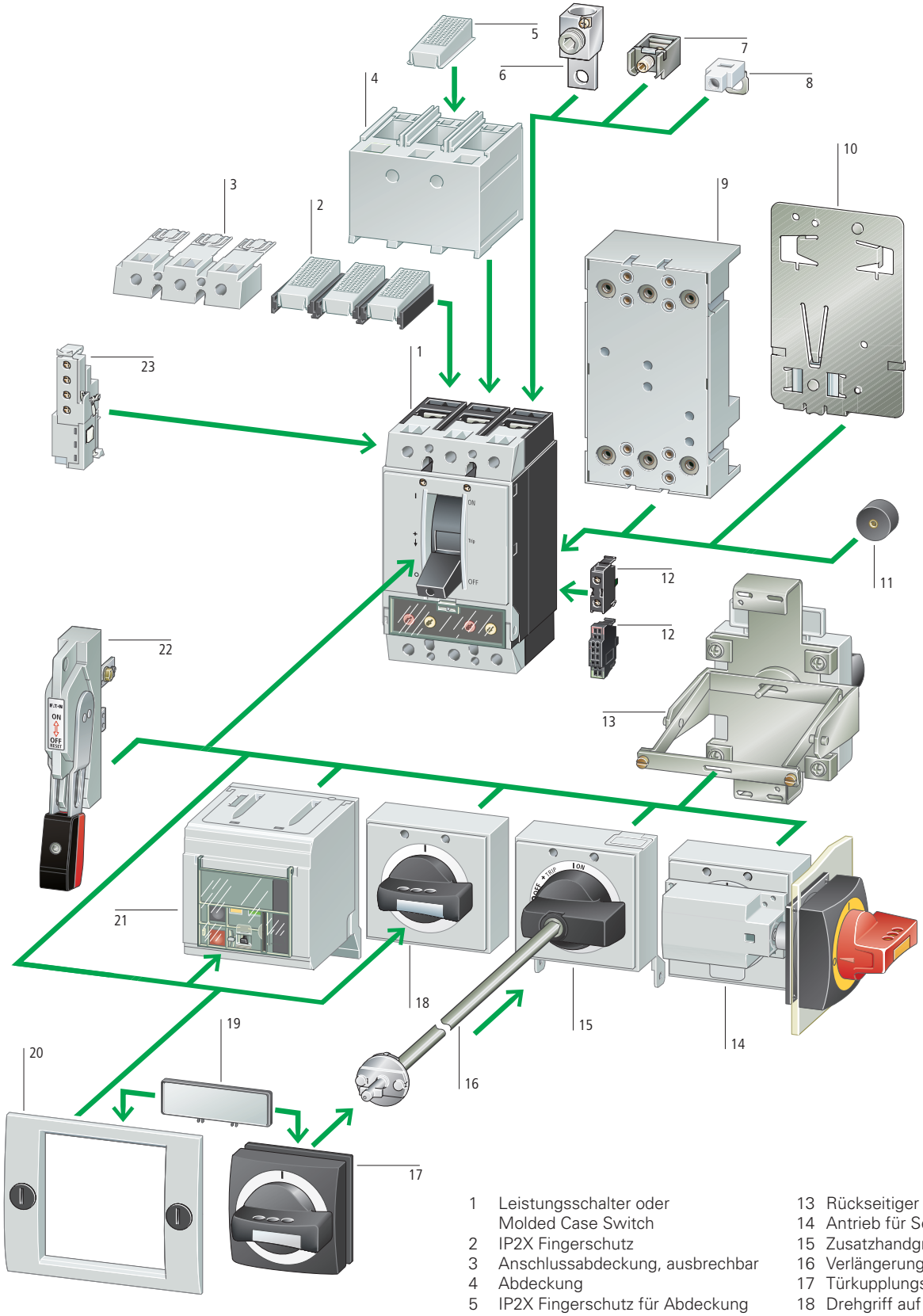


Tabelle 7: Approbationsvarianten und zulässige Applikationen. Die beiden linken Approbationsvarianten sind für den Anlagen- und Kabelschutz einsetzbar. Sofern im Aufsatz beschrieben, sind die Schalter zusätzlich für den Generator- oder Selektivschutz einsetzbar.



1 Leistungsschalter oder Molded Case Switch
2 IP2X Fingerschutz
3 Anschlussabdeckung, ausbrechbar
4 Abdeckung
5 IP2X Fingerschutz für Abdeckung
6 Tunnelklemme
7 Rahmenklemme
8 Steuerleitungsanschluss
9 Geräteadapter für Sammelschienen
10 Clipsplatte
11 Abstandhalter
12 Hilfsschalter mit Doppel- oder Einfachkontakt
13 Rückseitiger Antrieb
14 Antrieb für Seitenwandeinbau
15 Zusatzhandgriff NA
16 Verlängerungsachse mit Kupplung
17 Türkupplungsdrehgriff
18 Drehgriff auf Schalter
19 Bezeichnungsschild
20 Blendrahmen
21 Fernantrieb
22 Seitenhebelantrieb NA
23 Unterspannungs-, Arbeitsstromauslöser

Bild 3: Systemdarstellung der beschriebenen Kompakt-Leistungsschalter NZM1 bis NZM4. Das System der Leistungsschalter wird ergänzt durch die Molded Case Switches NS1 bis NS4. Die Grafik zeigt die wesentlichen Systembausteine des sehr universell einsetzbaren Produktsystems. Die NS-Ausführung steht mit 3-poligen Schaltern zur Verfügung (4-polige NA-Varianten, siehe Tabelle 13 c), während die IEC-Ausführung, entsprechend der abweichenden Marktgewohnheiten, noch um eine 4-polige Schalter-Reihe ergänzt wurde. Die Steck- und Ausfahreinheiten wurden nicht für den nordamerikanischen Markt approbiert.

Bemessungsbetriebsströme I_n der Leistungsschalter für Nordamerika				
Anlagen- und Kabelschutz, 3-polig, mit Kurzschlussstromauslösern, *Versionen mit Typenzusatz „-NA" enthalten zusätzlich Überlastauslöser,* approbiert nach UL 489 und CSA -C22.2 No. 5-09				
	Schalter mit thermomechanischen Überlastauslösern			
	ohne Überlastauslöser bei diesen Schaltern wirkt sich I_u nur auf den Einstellbereich der Kurzschlussauslöser aus $I_n = I_u$ [A]	**fest eingestellte** Überlastauslöser $I_n = I_u$ [A]	**fest einstellbare** Überlastauslöser $I_n = I_u$ [A]	Einstellbereich Überlastauslöser I_r
NZM 1 ...- (C)NA	1.2, 2, 3, 5, 8, 12, 18, 26, 33, 40, 50, 63, 80, **100**	20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, **125**	20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, **125**	0,8 ... 1 x I_u
NZM 2 ...-(C)NA	1.6, 2.4, 5, 8, 12, 18, 26, 33, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, **250**	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175 200, 225, **250**	20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125,160, 200, **250**	0,8 ... 1 x I_u
	Schalter mit elektronischen Überlastauslösern			
	ohne Überlastauslöser bei diesen Schaltern wirkt sich I_u nur auf den Einstellbereich der Kurzschlussauslöser aus $I_n = I_u$ [A]	**fest eingestellte** Überlastauslöser $I_n = I_u$ [A]	**fest einstellbare** Überlastauslöser $I_n = I_u$ [A]	Einstellbereich Überlastauslöser I_r
NZM 2 ...-(C)NA	90, 140, **220**	150, 175, 200, 225, **250**	100, 160, **250**	0,5 ... 1 x I_u
NZM 3 ...-(C)NA	220, 350, **450**	250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, **600**	250, 400, **600**	0,5 ... 1 x I_u
NZM 4 ...-NA	-	600, 700, 800, 900, 1000, **1200**	800, 1000, **1200**	0,5 ... 1 x I_u
Schalter:	**Art B**	**Art C**	**Art D**	

Tabelle 8: Für den nordamerikanischen Markt werden die Leistungsschalter nach UL 489 und CSA -C22.2 No. 5-09, in einer zusätzlichen dritten Variante, mit fest eingestellten Überlastauslösern angeboten. NA-Schalter, die auch in einer IEC-Ausführung zur Verfügung stehen, sind auf den Leistungsschildern zusätzlich mit Leistungsdaten nach IEC 60 947 gekennzeichnet. Dies erleichtert den Export von Amerika in die IEC-Welt.

Auswahlkriterien für Eaton Leistungsschalter und Lasttrennschalter für den nordamerikanischen Markt							
Art	**Typ**	Approbation für die USA	Approbation für Kanada	Zusatzqualifikation für die USA und Kanada	Überlastschutz	Kurzschlussschutz unverzögert	verzögert
A	***NS..-...-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	-	Schalter-eigenschutz	-
B.1	***NZM..-S..-CNA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	-	EM	-
B.2	***NZM..-SE..-CNA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	-	EL	-
C.1	***NZM..-AF..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	EM, fest	EM	-
C.2	***NZM..-AEF..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, fest	EL	-
C.3	***NZM..-VEF..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, fest	EL	EL
D.1	***NZM..-A..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	EM, einstellbar	EM	-
D.2	***NZM..-AE..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, einstellbar	EL	-
D.3	***NZM..-VE..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	-	EL, einstellbar	EL	EL
E	***NZM..-ME..-NA***	UL 489	CSA-C22.2 No 5-09	Kalibrierungsprüfung nach UL 508, CSA-C22.2 No.14	EL, einstellbar	EL	-

EM = elektromechanisch EL = elektronisch

Tabelle 9: Differenzierung des Eaton Schalterangebotes für Nordamerika, unter Berücksichtigung der technischen Ausstattung, der Art der Approbation und der Haupt- und Nebenanwendungen. Alle Schalterarten dürfen in Energieverteilungsanlagen eingesetzt werden, mit Ausnahme der Schalter ohne Überlastauslöser (Art B.1 und B.2), die nur in individuellen Motorstartern eingesetzt werden dürfen.

stärken die im IEC-Sortiment nicht angeboten werden. Obwohl die Anzahl der Schalter, die Eaton für den NA-Markt fertigt, geringer ist als die Stückzahlen für den IEC-Markt, ist das Sortiment für den NA-Markt wesentlich variantenreicher.

Jede zusätzliche Variante verursacht zusätzliche Kosten, z. B. für die weltweite Logistik und sie macht das Sortiment für den Anwender, der meistens nur wenige Varianten benötigt, unübersichtlicher. Die Vielzahl der nordamerikanischen Varianten ist erforderlich, obwohl sich im Rest der Welt die Marktbedürfnisse und alle technischen Erfordernisse mit der geringeren Anzahl der IEC-Varianten ohne Einschränkungen abdecken lassen. Andererseits ist der nordamerikanische Markt und speziell der indirekte Export für Eaton von so großer Bedeutung, dass Eaton auch diese Schalter, die den nordamerikanischen Marktgewohnheiten angepasst sind, anbietet. Der Aufsatz soll dazu beitragen, die richtige Auswahl aus der Vielfalt zu erleichtern.

Die **Tabelle 9** führt inhaltlich weiter und liefert zusätzliche Informationen zur Ausstattung der Schalter mit unverzögerten und verzögerten Kurzschlussauslösern. Dadurch werden die **Schalterarten B**, **C** und **D** weiter aufgeteilt, in **B.1**, **B.2**, **C.1**, **C.2**, **C.3**, **D.1**, **D.2** und **D.3**. Zusätzlich zu den Leistungsschaltern führt die **Tabelle 9** auch die Lasttrennschalter/ *Molded Case Switches* als **Schalter der Art A** (→ ***NS**..-..-NA*) auf. Alle Eaton Leistungsschalter erfüllen zusätzlich zu den Anforderungen an Leistungsschalter (IEC/EN 60 947-2 [10]) auch die Anforderungen an die Trennereigenschaften der Lasttrennschalter, die sich aus der IEC/ EN 60 947-3 [11] ableiten. Die **Tabelle 9** zeigt zusätzlich die Haupt- und Nebenanwendungen der vorgestellten Schalter.

In **Tabelle 9** wird außerdem dargestellt, dass alle Schalterarten von Eaton aufgrund ihrer Luft- und Kriechstrecken und ihres Schaltvermögens nach UL 489 bzw. CSA-C22.2 No. 5-09 in nordamerikanischen Energieverteilungsanlagen (*Distribution equipment*) *(Switchboards, Panelboards, Busways, usw.)* für unterschiedliche Schutz- und Schaltfunktionen eingesetzt werden dürfen. *Zusätzlich* wurde für die **Schalter der Art E** *(→ NZM..-**ME**..-NA)*, durch eine Kalibrierungsprüfung nach UL 508 bzw. CSA-C22.2 No. 14, die Eignung für den Schutz von Elektromotoren nachgewiesen. In dieser Tabelle ist noch nicht erkennbar, ob für das Schalten und Schützen eine Ergänzung durch weitere Schaltgeräte erforderlich ist (wird später erläutert).

Das Sortiment wird dadurch erweitert, dass die Schalter für den nordamerikanischen Markt, wie es auch für den IEC-Markt üblich ist, jeweils für unterschiedliche Schaltleistungslevel angeboten werden. Schaltleistungslevel (Kurzschlussschaltvermögen) beschreiben die Leistungsfähigkeit der Schalter in einem durch Kurzschlüsse gestörten Betriebszustand. Die unterschiedlichen Kurzschlussausschaltvermögen haben Einfluss auf die Konstruktion und damit auf die Preise der Schalter. Unterschiedliche Schaltvermögenslevel ermöglichen es dem Schaltanlagenbauer, sich preislich an die technischen Erfordernisse einer Applikation (maximal möglicher Kurzschlussstrom) anzupassen. Die Schaltvermögen werden für Nordamerika und die IEC-Welt nach unterschiedlichen Normen ermittelt. Dadurch sind die Schaltvermögen bei gleicher Levelbezeichnung am Schalter für die beiden Einsatzgebiete vom Wert her **ungleich**.

Die **Tabelle 10** stellt die technischen Daten für die unterschiedlichen Schaltvermögenslevel für IEC und Nordamerika gegenüber. Grundsätzlich sind alle Schaltvermögenswerte abhängig von der Höhe der zu schaltenden Betriebsspannung. Dieser Zusammenhang wird in **Bild 4** für die nordamerikanischen Schaltvermögen dargestellt. Der Wert des Schaltvermögens ist gleichzeitig der Wert des *Short Circuit Current Ratings (SCCR)* des Schalters. Die *SCCR*-Werte für Kombinationen aus Schaltern und Schützen können größer sein, da sich die Betriebsmittel beim Unterbrechen der Kurzschlussströme, durch die Erhöhung der Anzahl der Unterbrechungsstellen, unterstützen.

Die **Tabelle 11** stellt die Bemessungsstromstärken der neuen, nordamerikanischen *Molded Case Switches* (**Schalter der Art A**) (→ *NS..-..-NA*) dar (siehe auch Kapitel „Lasttrennschalter *N* oder *Molded Case Switches NS*"). Die **Tabelle 12** fasst schließlich die Informationen der **Tabellen 8** bis **11** (8: Seite 14, 9: Seite 16, 10: Seite 17, 11: Seite 18) in bemessungsstromgenauer Zuordnung zusammen.

Hauptanwendung	Nebenanwendung
Lasttrennschalter Molded Case Switch	Hauptschalter, Not-Aus
Kurzschlussschutz	Hauptschalter- und Not-Aus-Funktion, nur für **einzelne** Motorstarter zulässig
Kurzschlussschutz	Hauptschalter- und Not-Aus-Funktion, nur für **einzelne** Motorstarter zulässig
Anlagenschutz, Kabelschutz	Hauptschalter, Not-Aus
Anlagenschutz, Kabelschutz	Hauptschalter, Not-Aus
Anlagenschutz, Kabelschutz, Selektivschutz, Generatorschutz	Hauptschalter, Not-Aus
Anlagenschutz, Kabelschutz	Hauptschalter, Not-Aus
Anlagenschutz, Kabelschutz	Hauptschalter, Not-Aus
Anlagenschutz, Kabelschutz, Selektivschutz, Generatorschutz	Hauptschalter, Not-Aus
Motorschutz, Anlagenschutz, Kabelschutz,	Hauptschalter, Not-Aus

Schalter der Art „E" dürfen, üblicherweise mit einem Schütz ergänzt, zusätzlich für den Motorschutz nach UL 508 eingesetzt werden.

„Typisch nordamerikanische" Leistungsschalter in der Energieverteilung

- **für nicht-motorische Last**

Die „typisch nordamerikanischen" Leistungsschalter in der Energieverteilung besitzen *auf den Bemessungsstrom der Schalter-Baugröße oder auf einen Bruchteil dieses Bemessungsstromes **fest** eingestellte Bimetallauslöser oder fest eingestellte elektronische Überlastauslöser.* Sie übernehmen den Überlastschutz und die integrierten *einstellbaren, magnetischen Schnellauslöser* übernehmen den

240 V 60 Hz		Nennströme I_n [A]																	
		20	...	50	125	...	...	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
Basis	35 kA	NZM B1																		
	35 kA	NZM B2																		
Normal	85 kA	NZM N1																		
	85 kA	NZM N2							NZM N3							NZM N4				
Hoch	125 kA															NZM H4				
	150 kA	NZM H2							NZM H3											
	200 kA	NZM H2 [1]																		
480 Y/277 V 60 Hz																				
Basis	25 kA	NZM B1																		
	25 kA	NZM B2																		
Normal	35 kA	NZM N1																		
	35 kA	NZM N2																		
	42 kA								NZM N3							NZM N4				
Hoch	85 kA															NZM H4				
	100 kA	NZM H2							NZM H3											
	150 kA	NZM H2 [1]																		
480 V 60 Hz																				
Basis	25 kA	NZM B2																		
Normal	35 kA	NZM N2																		
	42 kA								NZM N3							NZM N4				
Hoch	85 kA															NZM N4				
	100 kA	NZM H2							NZM H3											
	150 kA	NZM H2 [1]																		
600 Y / 347 V 60 Hz																				
Basis	18 kA	NZM B2																		
Normal	25 kA	NZM N2																		
	35 kA								NZM N3							NZM N4				
Hoch	50 kA	NZM H2							NZM H3							NZM H4				
	65 kA	NZM H2 [1]																		
600 V 60 Hz																				
Normal	35 kA								NZM N3							NZM N4				
Hoch	50 kA								NZM H3							NZM H4				

[1] *NZMH2-A15-NA ... NZMH2-A125-NA, NZMH2-AF15-NA ... NZMH2-AF125-NA*

Bild 4: Schaltvermögen der Schaltervarianten nach UL und CSA (NEMA Test Procedure) für nordamerikanische Spannungen. Der Wert des Kurzschlussschaltvermögens ist gleichzeitig der Wert des Short Circuit Current Ratings (SCCR) für den einzelnen Schalter.

Kurzschlussschutz in ***nicht-motorischen*** Abgangsstromkreisen. Diese Schalter sind **ohne Einschränkungen** nach **UL 489 bzw. CSA-C22.2 No. 5-09 approbiert**.

Eaton bietet diese Schalter unter den Bezeichnungen ***NZM...AF..-NA*** und ***NZM...AEF..-NA*** gezielt für den nordamerikanischen Markt an. Schalter mit fest eingestellten Überlastauslösern werden in der IEC-Welt üblicherweise sehr selten eingesetzt. Die Schalter sind in verschiedenen Tabellen des Aufsatzes als **Schalter der Arten C.1** und **C.2** gekennzeichnet. Die später vorgestellten **Schalter der Art C.3** (→ *NZM..-**VEF**..-NA*) sind ebenfalls für die hier beschriebenen Anwendungen, sowie durch weitere Einstellmöglichkeiten, für weitergehende Zusatzfunktionen (z. B. für den Selektivschutz) einsetzbar.

Leistungsschalter mit **fest** eingestellten Überlastauslösern werden hauptsächlich in Energieverteilern als Einspeise- und Abgangsschalter eingesetzt. Sie dürfen auch als Hauptschalter verwendet werden. Als Alternative zu Schmelzsicherungen dienen sie dem Betriebsmittelschutz

Leistungsschalter für Nordamerika
Kurzschlussschaltvermögen nach UL/CSA/NEMA und IEC

Schalter Typ	UL / CSA / NEMA Test Procedure					Schaltvermögen I_{cu} nach IEC 60 947		
	240 V 60 Hz sym. rms [kA]	480 Y/277 V 60 Hz sym. rms [kA]	480 V 60 Hz sym. rms [kA]	600 Y/347 V 60 Hz sym. rms [kA]	600 V 60 Hz sym. rms [kA]	400/415 V 50/60 Hz [kA] / cos φ	440 V 50/60 Hz [kA] / cos φ	690 V 50/60 Hz [kA] / cos φ
Basis Schaltvermögen B								
NZMB1-...-NA	35	25	-	-	-	25 / 0.25	25 / 0.25	-
NZMB2-...-NA	35	25	25	18	-	25 / 0.25	25 / 0.25	-
Normales Schaltvermögen N								
NZMN1-...-NA	85	35	-	-	-	50 / 0.25	35 / 0.25	10 / 0.50
NZMN2-...-NA	85	35	35	25	-	50 / 0.25	35 / 0.25	20 / 0.30
NZMN2-...E...-NA	85	35	35	25	-	50 / 0.25	35 / 0.25	20 / 0.30
NZMN3-...E...-NA	85	42	42	35	35	50 / 0.25	35 / 0.25	20 / 0.30
NZMN4-...E...-NA	85	42	42	35	35	50 / 0.25	35 / 0.25	20 / 0.30
Hohes Schaltvermögen H								
NZMH2-...-NA	150	100	100	50	-	150 / 0.20	130 / 0.20	20 / 0.30
NZMH2-A…-NA[1)]	200	150	150	65	-	150 / 0.20	130 / 0.20	20 / 0.30
NZMH2-AF…-NA[1)]	200	150	150	65	-	150 / 0.20	130 / 0.20	20 / 0.30
NZMH2-...E...-NA	150	100	100	50	-	150 / 0.20	130 / 0.20	20 / 0.30
NZMH3-...E...-NA	150	100	100	50	50	150 / 0.20	130 / 0.20	35 / 0.30
NZMH4-...E...-NA	125	100	100	50	50	150 / 0.20	130 / 0.20	50 / 0.25

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs HPL0211!

[1)] NZMH2-A15-NA bis NZMH2-A125-NA und NZMH2-AF15-NA bis NZMH2-AF125-NA

Tabelle 10: Vergleich der spannungsabhängigen Schaltvermögenswerte nach NEMA und IEC für die verschiedenen Schalterbaugrößen und Schaltvermögensvarianten. Die nordamerikanischen Schaltvermögen sind nicht mit den IEC-Schaltvermögen identisch. Schalter mit der Spannungsangabe 480 Y/277 V oder 600 Y / 277 V dürfen nur in geerdeten Stern-Netzen eingesetzt werden. Der Wert des Kurzschlussschaltvermögens ist gleichzeitig der Wert des Short Circuit Current Ratings (SCCR) für den einzelnen Schalter. Bei Leistungsschaltern ohne Überlastauslöser wird das Schaltvermögen nur für die Kombination mit Schütz und Motorschutzrelais angegeben.

Lasttrennschalter für Nordamerika
Lasttrennschalter mit integrierten Kurzschlussstromauslösern für Nordamerika Molded Case Switches

Schalter Art A

approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Bemessungsstrom = Bemessungsdauerstrom	Schaltereigenschutz bis zu maximalem Kurzschlussstrom von SCCR *					sehr hoher Ansprechwert der fest eingestellten Kurzschlussstromauslöser	**Typ**
$I_n = I_u$ [A]	240 V [kA]	480 Y/277 V [kA]	480 V [kA]	600 Y/347 V [kA]	600 V [kA]	[A]	
63	85	35	-	-	-	1250	*NS1-63-NA*
100	85	35	-	-	-	1250	*NS1-100-NA*
125	85	35	-	-	-	1250	*NS1-125-NA*
160	150	100	100	50	-	2500	*NS2-160-NA*
200	150	100	100	50	-	2500	*NS2-200-NA*
250	150	100	100	50	-	2500	*NS2-250-NA*
400	150	100	100	50	50	6600	*NS3-400-NA*
600	150	100	100	50	50	6600	*NS3-600-NA*
800	85	65	65	42	42	25000	*NS4-800-NA*
1000	85	65	65	42	42	25000	*NS4-1000-NA*
1200	85	65	65	42	42	25000	*NS4-1200-NA*

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs!

* **SCCR = Short Circuit Current Rating nach UL 508A**

Tabelle 11: Diese Lasttrennschalter mit nordamerikanischen Approbationen nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09 besitzen für den Eigenschutz eingebaute Kurzschlussstromauslöser. Dies ist die in Nordamerika weitgehend eingesetzte Lösung. Die Schalter können mit approbierten Unterspannungs- oder Arbeitsstromauslösern ausgestattet werden, um aus der Ferne auslösbar zu sein. Diese Lasttrennschalter sind geeignet für den Einsatz als Hauptschalter (Netztrenneinrichtung) und als Not-Aus-Schalter. Die Schalter sind zusätzlich als NS2-…-BT-NA mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten bestellbar. Die Schalter NS1 besitzen generell Hauptstrom-Rahmenklemmen.

Art	Ausführung	Überlast	ohne	fest	variabel	Kurzschluss	unverzögert	verzögert	Schaltvermögen	NZM .. – ..	Bemessungsdauerströme [A]																				
											1.2	1.6	2	2.4	3	5	8	12	15	18	20	25	26	30	32	33	35	40			
A						*	*			1																					
						*	*			2																					
						*	*			3																					
						*	*			4																					
B.1	EM		x				x		**B,N**	1	x	-	x	-	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	x		
	EM		x				x		**B,N,H**	2	-	x	-	x	-	x	x	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	x		
B.2	EL		x				x		**N,H**	2																				
	EL		x				x		**N,H**	3																				
C.1	EM			x			x		**B,N**	1											x	x	-	x	-	-	x	x		
	EM			x			x		**B,N,H**	2									x	-	x	x	-	x	-	-	x	x		
C.2	EL			x			x		**N,H**	3																				
	EL			x			x		**N,H**	4																				
C.3	EL			x			x	x	**N,H**	2																				
	EL			x			x	x	**N,H**	3																				
	EL			x			x	x	**N,H**	4																				
D.1	EM				x		x		**B,N**	1											x	x	-	-	x	-	-	x		
	EM				x		x		**B,N,H**	2											x	x	-	-	x	-	-	x		
D.2	EL				x		x		**N,H**	3																				
	EL				x		x		**N,H**	4																				
D.3	EL				x		x	x	**N,H**	2																				
	EL				x		x	x	**N,H**	3																				
	EL				x		x	x	**N,H**	4																				
E	EL				x		x		**N,H**	2																				

Art = Schalterart, siehe Tabelle 6 (Seite 11)
* = Kurzschlussauslöser zum Schaltereigenschutz
Auslöser-Ausführung: EM = thermomagnetisch , EL = elektronisch

Schaltvermögen:
B = Basis
N = Normal
H = Hoch

= Lasttrennschalter

Spezifische Schaltvermögenswerte siehe Tabelle 10 (Seite 17)

Tabelle 12: Bemessungsstromgenaue Zuordnung der Schaltvermögen und der Ausstattung der Schalter mit stromabhängigen Auslösern

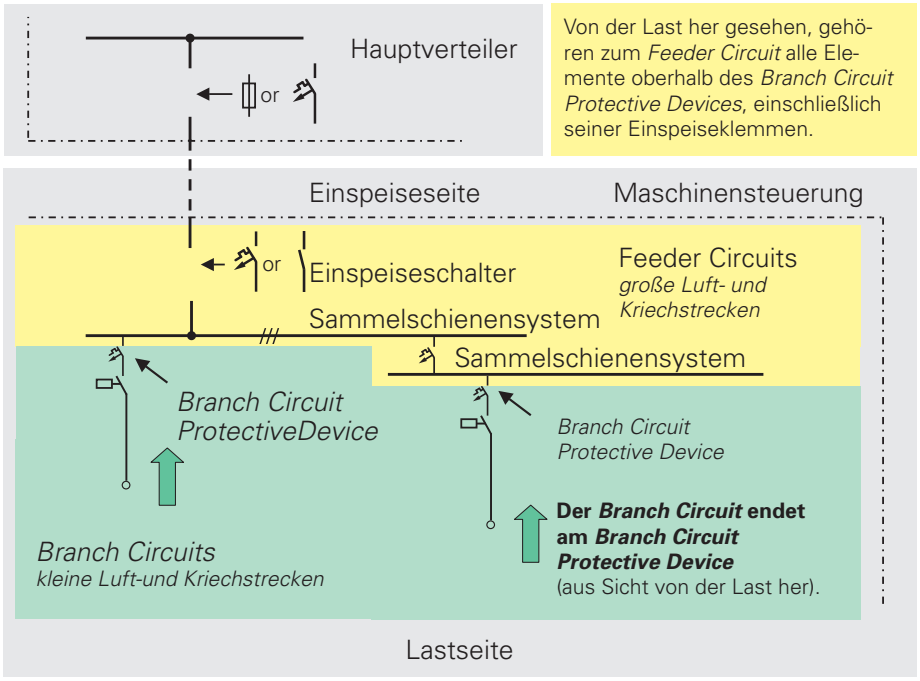
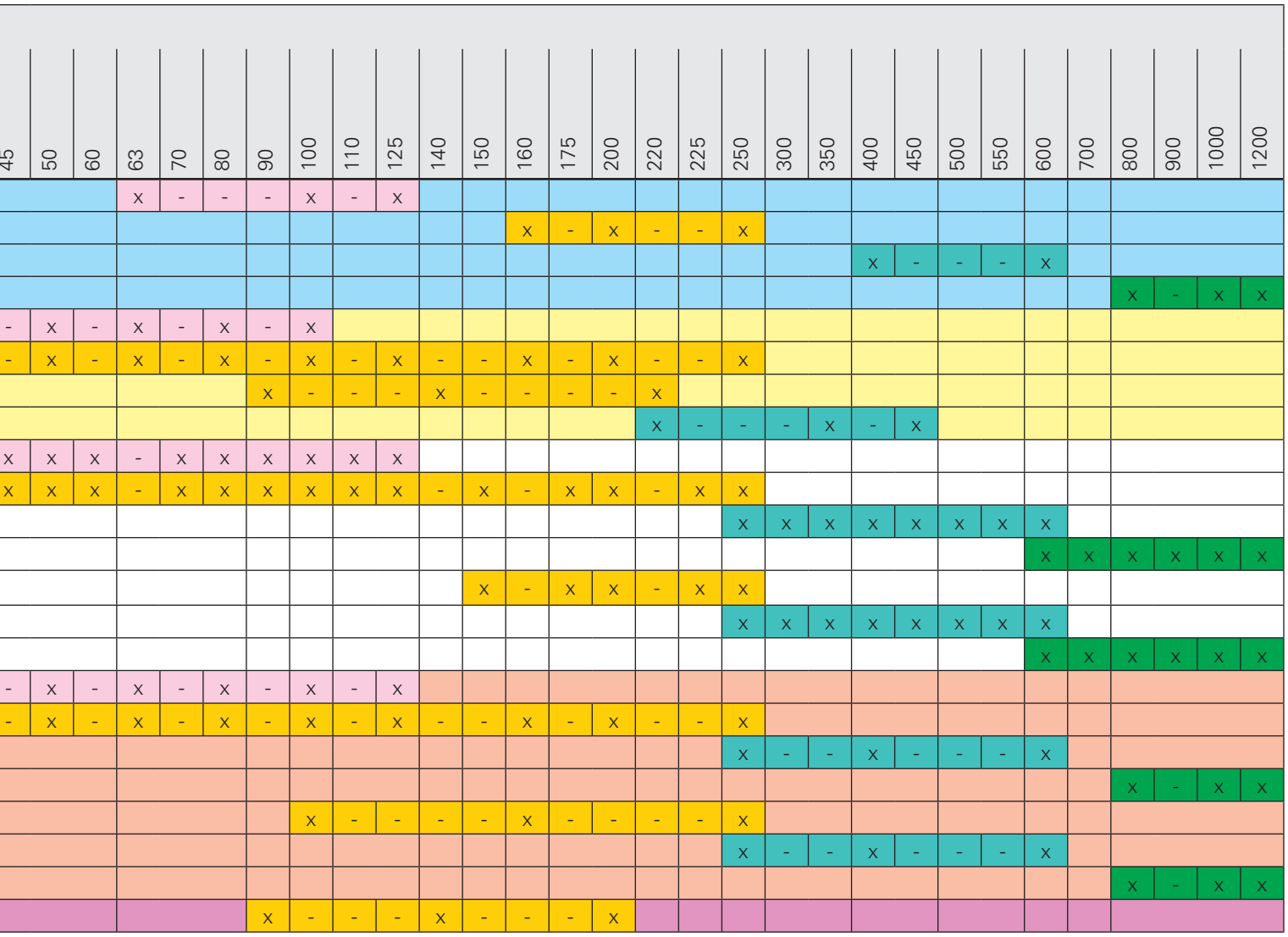


Bild 5: In Nordamerika unterscheidet man zwischen Feeder Circuits und Branch Circuits. Das Bild zeigt einen Ausschnitt aus einer Maschinenschaltanlage (Industrial Control Panel for Machinery). Für die Bestimmung der Grenze sieht man von der Last in Richtung Spannungsquelle. Das letzte Schutzorgan, welches den Abgangsstromkreis schützt ist das Branch Circuit Protective Device (BCPD). Branch Circuit Protective Devices können Leistungsschalter und Schmelzsicherungen sein. In bestimmten Fällen, z.B. für individuelle Motorabgänge, können auch UL 508 Type E und UL 508 Type F-Motorstarter die Funktion eines BCPDs übernehmen.



von Industrieschaltgeräten *(Industrial Control Equipment)*, die nach den Normen UL 508 und CSA-C22.2 No.14 gebaut und approbiert werden. Die beschriebenen Schalter werden für den Schutz von *Industrial Control Equipment* beispielsweise in Motorstarterverteilungen (*MCC*) und in Steuerungsschaltschränke *(Industrial Control Panels*) eingebaut. Die Schalter übernehmen als *Branch Circuit Protective Devices* den Schutz von verschiedenartigen Lastabgängen. Sie sind in *Feeder Circuits* (Einspeisestromkreise) und *Branch Circuits* (Lastabgangsstromkreise) einsetzbar (**Bild 5**) [12].

- **für motorische Last**

Die Nordamerikaner setzen diese Schalter mit fest eingestellten Überlastauslösern sehr universell ein. Da der **fest eingestellte Überlastauslöser**[2] alleine nicht für den Motorschutz geeignet ist, werden diese Schalter in Nordamerika mit einem Schütz und **zusätzlich mit einem Motorschutzrelais** zu *Combination Motor Starters* ergänzt (UL/CSA *Construction Type C, Combination Motor Starters*). Der fest eingestellte Schalter übernimmt den Leitungsschutz und das zusätzliche Motorschutzrelais wird entsprechend des Motorstroms, zum Schutz des Motors eingestellt (u. U. sind Korrektur-Faktoren zu beachten). In der IEC-Welt gilt eine derartige Lösung mit zwei Überlastschutzorganen als wirtschaftlich schwer vertretbar, außerdem fällt bei dieser Lösung zweimal die Verlustwärme der Überlastauslöser an. Der Platzbedarf ist groß und die vielen Komponenten vergrößern den Montage- und Verdrahtungsaufwand. Für den Export ist diese Lösung für Motoren bis 200 A weniger empfehlenswert. Für 3-Komponenten-Motorstarter, oberhalb von 200 A, bilden die Schalter mit fest eingestellten Überlastauslösern eine Lösungsvariante.

Eaton bietet die fest eingestellten Schalter nach **Tabelle 12** für Betriebsströme bereits ab 20 A bis zu 1200 A und für unterschiedlich hohe, *nordamerikanische* Kurzschlussausschaltvermögen an. Die **Tabellen 13a, 13b** und **13c** bzw. **14** (Seite 22 bis 24) zeigen alle zur Verfügung stehenden Typen dieser Schalter. Die Schalter werden nach dem Bemessungsbetriebsstrom und dem

[2] In Amerika sind Leistungsschalter nach UL 489 mit **fest eingestellten** oder mit **einstellbaren** Überlastauslösern gleichwertig. Ein einstellbarer Schalter ist nach Ansicht der Amerikaner nicht höherwertiger. Beide Schalterarten dürfen nicht alleine für den Motorschutz eingesetzt werden.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektromechanischen Überlastauslösern
und einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern
Anlagen- und Kabelschutz approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art C.1

	Einstellbereich			Schalter mit **B**asis Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**
	Überlastauslöser (fest eingestellt)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	35 kA 240 V 25 kA 480 Y/277 V	85 kA 240 V 35 kA 480 Y/277 V
20	20	350	fest	*NZM**B**1-AF20-**NA***	*NZM**N**1-AF20-**NA***
25	25	350	fest	*NZM**B**1-AF25-**NA***	*NZM**N**1-AF25-**NA***
30	30	350	fest	*NZM**B**1-AF30-**NA***	*NZM**N**1-AF30-**NA***
35	35	320-400	8 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF35-**NA***	*NZM**N**1-AF35-**NA***
40	40	320-400	8 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF40-**NA***	*NZM**N**1-AF40-**NA***
45	45	300-500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF45-**NA***	*NZM**N**1-AF45-**NA***
50	50	300-500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF50-**NA***	*NZM**N**1-AF50-**NA***
60	60	380-630	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF60-**NA***	*NZM**N**1-AF60-**NA***
70	70	480-800	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF70-**NA***	*NZM**N**1-AF70-**NA***
80	80	480-800	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF80-**NA***	*NZM**N**1-AF80-**NA***
90	90	600-1000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF90-**NA***	*NZM**N**1-AF90-**NA***
100	100	600-1000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF100-**NA***	*NZM**N**1-AF100-**NA***
110	110	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF110-**NA***	*NZM**N**1-AF110-**NA***
125	125	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-AF125-**NA***	*NZM**N**1-AF125-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs (HPL0211)!

Tabelle 13 a: Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektromechanischen Überlastauslösern und mit einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern für den Anlagen- und Kabelschutz. Diese Schalter können in Nordamerika nicht für den Motorschutz eingesetzt werden. Sie sind für Exportanlagen weniger empfehlenswert. In Nordamerika werden sie für Motorstarter mit 3 Komponenten genutzt (Leistungsschalter – Schütz – Motorschutzrelais). Schalter mit der Spannungsangabe 480 Y/277 V dürfen nur in geerdeten Sternnetzen eingesetzt werden.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektromechanischen Überlastauslösern
und einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern
Besonderheit: 4-polige Schalter, mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten
Anlagen- und Kabelschutz, approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art C.1

	Einstellbereich			Schalter mit **B**asis Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlastauslöser (fest eingestellt)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	35 kA 240 V 25 kA 480 V	85 kA 240 V 35 kA 480 V	200 kA 240 V 150 kA 480 V
125	125	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-4-AF125-**B**T-**NA***	*NZM**N**2-4-AF125-BT-**NA***	*NZM**H**2-4-AF125-BT-**NA*** *150 kA 240 V* *100 kA 480 V*
150	150	960-1600	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-4-AF150-**B**T-**NA***	*NZM**N**2-4-AF150-BT-**NA***	*NZM**H**2-4-AF150-BT-**NA***
175	175	1200-2000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-4-AF175-**B**T-**NA***	*NZM**N**2-4-AF175-BT-**NA***	*NZM**H**2-4-AF175-BT-**NA***
200	200	1200-2000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-4-AF200-**B**T-**NA***	*NZM**N**2-4-AF200-BT-**NA***	*NZM**H**2-4-AF200-BT-**NA***
225	225	1500-2500	6 ... 11 x I_n	*NZM**B**2-4-AF225-**B**T-**NA***	*NZM**N**2-4-AF225-BT-**NA***	*NZM**H**2-4-AF225-BT-**NA***
250	250	1500-2500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-4-AF250-**B**T-**NA***	*NZM**N**2-4-AF250-BT-**NA***	*NZM**H**2-4-AF250-BT-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs HPL0211)!

Tabelle 13 c: Die Tabelle zeigt als Zusatzangebot 4-polige Schalter der Art C.1. Diese Schalter werden überwiegend für Sonderanwendungen, z. B. im EVU-Bereich (EVU = Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen) und von Halbleiterherstellern eingesetzt. Diese Schalter sind bis 480 V mit UL-Approbation einsetzbar. Der Typenzusatz „-BT" (Box Terminal) bedeutet, dass die Schalter mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten ausgestattet sind.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektromechanischen Überlastauslösern und einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern
Anlagen- und Kabelschutz approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art C.1

	Einstellbereich			Schalter mit **B**asis Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlastauslöser (fest eingestellt)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	35 kA 240 V 25 kA 480 V 18 kA 600 Y/347 V	85 kA 240 V 35 kA 480 V 25 kA 600 Y/347 V	200 kA 240 V 150 kA 480 V 65 kA 600 Y/347 V
15	15	350	fest	*NZM**B**2-AF15-**NA***	*NZM**N**2-AF15-**NA***	*NZM**H**2-AF15-**NA***
20	20	350	fest	*NZM**B**2-AF20-**NA***	*NZM**N**2-AF20-**NA***	*NZM**H**2-AF20-**NA***
25	25	350	fest	*NZM**B**2-AF25-**NA***	*NZM**N**2-AF25-**NA***	*NZM**H**2-AF25-**NA***
30	30	350	fest	*NZM**B**2-AF30-**NA***	*NZM**N**2-AF30-**NA***	*NZM**H**2-AF30-**NA***
35	35	320-400	8 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF35-**NA***	*NZM**N**2-AF35-**NA***	*NZM**H**2-AF35-**NA***
40	40	320-400	8 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF40-**NA***	*NZM**N**2-AF40-**NA***	*NZM**H**2-AF40-**NA***
45	45	300-500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF45-**NA***	*NZM**N**2-AF45-**NA***	*NZM**H**2-AF45-**NA***
50	50	300-500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF50-**NA***	*NZM**N**2-AF50-**NA***	*NZM**H**2-AF50-**NA***
60	60	380-630	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF60-**NA***	*NZM**N**2-AF60-**NA***	*NZM**H**2-AF60-**NA***
70	70	480-800	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF70-**NA***	*NZM**N**2-AF70-**NA***	*NZM**H**2-AF70-**NA***
80	80	480-800	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF80-**NA***	*NZM**N**2-AF80-**NA***	*NZM**H**2-AF80-**NA***
90	90	600-1000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF90-**NA***	*NZM**N**2-AF90-**NA***	*NZM**H**2-AF90-**NA***
100	100	600-1000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF100-**NA***	*NZM**N**2-AF100-**NA***	*NZM**H**2-AF100-**NA***
110	110	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF110-**NA***	*NZM**N**2-AF110-**NA***	*NZM**H**2-AF110-**NA***
125	125	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF125-**NA***	*NZM**N**2-AF125-**NA***	*NZM**H**2-AF125-**NA***
						150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600Y/347 V
150	150	960-1600	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF150-**NA***	*NZM**N**2-AF150-**NA***	*NZM**H**2-AF150-**NA***
175	175	1200-2000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF175-**NA***	*NZM**N**2-AF175-**NA***	*NZM**H**2-AF175-**NA***
200	200	1200-2000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF200-**NA***	*NZM**N**2-AF200-**NA***	*NZM**H**2-AF200-**NA***
225	225	1500-2500	6 ... 11 x I_n	*NZM**B**2-AF225-**NA***	*NZM**N**2-AF225-**NA***	*NZM**H**2-AF225-**NA***
250	250	1500-2500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-AF250-**NA***	*NZM**N**2-AF250-**NA***	*NZM**H**2-AF250-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs (HPL0211)!

Tabelle 13 b: Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektromechanischen Überlastauslösern und mit einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern für den Anlagen- und Kabelschutz. Ein Teil der Strombereiche wird auch durch die Baugröße NZM 1 abgedeckt, für die Baugröße NZM 2 stehen Betriebsspannungen bis 600 Y / 347 V, das hohe Schaltvermögen und weitere Zusatzausrüstungen zur Verfügung. Diese Schalter werden in Nordamerika für Motorstarter mit 3 Komponenten (Leistungsschalter – Schütz – Motorschutzrelais) eingesetzt. Oberhalb von 200 A können die Schalter auch bei Motorstartern für den Export eingesetzt werden (Schalter ohne Überlastauslöser sind für den Export üblicher). Die Schalter sind zusätzlich als NZM..2-AF…-BT-NA mit Hauptstrom-Kastenklemmen oben und unten bestellbar.

Kurzschlussschaltvermögen ausgewählt. Wenn die Schalter mit Hilfsschaltern bestückt sind, werden für die Hilfsschalter Angaben zu ihrer Gebrauchsart als Steuergerät (*Pilot Duties*) [3] gemacht.

Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern

Zusätzlich zur typisch nordamerikanischen Variante **mit fest eingestellten Überlastauslösern**, stehen derartige Schalter auch **mit einstellbaren Überstromauslösern** (wie in der IEC-Welt üblich), als **Schalter der Arten D.1** (→ *NZM..-**A**..-NA*) und **D.2** (→ *NZM..-**AE**..-NA*) (**Tabellen 15 und 16**), (Seite 25 und 26) für den Anlagen- und Kabelschutz zur Verfügung. Auch diese Schalter sind nicht für den Motorschutz geeignet, weil ihnen eine Kalibrierung nach UL 508 fehlt. **Schalter der Art D.3** (→ *NZM..-**VE**..-NA*), mit zusätzlichen Einstellmöglichkeiten, werden nach **Tabelle 9** (Seite 16) zusätzlich für den Generator-,

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)					
Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektromechanischen Überlastauslösern und einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern **Anlagen- und Kabelschutz** approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09				**Schalter Art C.2**	
	Einstellbereich			Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlastauslöser (fest eingestellt)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 V
250	250	500-2750	2 ... 11 x I_n	*NZM**N**3-AEF250-**NA***	*NZM**H**3-AEF250-**NA***
300	300	600-3300	2 ... 11 x I_n	*NZM**N**3-AEF300-**NA***	*NZM**H**3-AEF300-**NA***
350	350	700-3850	2 ... 11 x I_n	*NZM**N**3-AEF350-**NA***	*NZM**H**3-AEF350-**NA***
400	400	800-4400	2 ... 11 x I_n	*NZM**N**3-AEF400-**NA***	*NZM**H**3-AEF400-**NA***
450	450	900-3600	2 ... 8 x I_n	*NZM**N**3-AEF450-**NA***	*NZM**H**3-AEF450-**NA***
500	500	1000-4000	2 ... 8 x I_n	*NZM**N**3-AEF500-**NA***	*NZM**H**3-AEF500-**NA***
550	550	1100-4400	2 ... 8 x I_n	*NZM**N**3-AEF550-**NA***	*NZM**H**3-AEF550-**NA***
600	600	1200-4800	2 ... 8 x I_n	*NZM**N**3-AEF600-**NA***	*NZM**H**3-AEF600-**NA***
				85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	125 kA 240 V 85 kA 480 V 50 kA 600 V
600	600	1200-7200	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AEF600-**NA***	*NZM**H**4-AEF600-**NA***
700	700	1400-8400	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AEF700-**NA***	*NZM**H**4-AEF700-**NA***
800	800	1600-9600	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AEF800-**NA***	*NZM**H**4-AEF800-**NA***
900	900	1800-10800	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AEF900-**NA***	*NZM**H**4-AEF900-**NA***
1000	1000	2000-12000	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AEF1000-**NA***	*NZM**H**4-AEF1000-**NA***
1200	1200	2400-14400	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AEF1200-**NA***	*NZM**H**4-AEF1200-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs (HPL0211)!

Tabelle 14: Leistungsschalter mit fest eingestellten, elektronischen Überlastauslösern und mit einstellbaren, unverzögerten Kurzschlussauslösern für den Anlagen- und Kabelschutz. Diese Schalter können in Nordamerika nicht für den Motorschutz eingesetzt werden. Diese Schalter werden in Nordamerika für Motorstarter mit 3 Komponenten (Leistungsschalter – Schütz – Motorschutzrelais) eingesetzt. Oberhalb von 200 A können die Schalter auch bei Motorstartern für den Export eingesetzt werden (Schalter ohne Überlastauslöser sind für den Export üblicher).

Transformator- und Selektivschutz eingesetzt (siehe Kapitel „**Leistungsschalter für besondere Anwendungen auf dem nordamerikanischen Markt“**).

Motorschutz/Anlagenschutz

Eaton nennt kleine Leistungsschalter der Produktreihen *PKZ(M)…*, im Strombereich bis 65 A, „Motorschutzschalter“. Die Motorschutzschalter verfügen bei Eaton immer über eine integrierte Phasenausfallempfindlichkeit nach IEC/EN 60947-4-1. Die Phasenausfallempfindlichkeit kann beim Schutz von nichtmotorischen Verbrauchern wegen der dort durchaus betriebsmäßig normalen, unsymmetrischen Phasenbelastung stören. Deshalb bietet Eaton beispielsweise im Produktsystem *PKZ2* auch sogenannte „Anlagenschutzschalter“ ohne Phasenausfallempfindlichkeit an. Die in diesem Aufsatz vorgestellten Leistungsschalter besitzen *in den speziellen Ausführungen für den Motorschutz* ebenfalls die Schutzwirkung einer Phasenausfallempfindlichkeit.

Zusatzanforderungen an Leistungsschalter für den Motorschutz

Die vorher beschriebenen Leistungsschalter ***NZM...A(E)F..-NA*** nach UL 489, **Schalter der Arten C.1** und **C.2**, sind alleine (ohne Schütz und Motorschutzrelais) *ausschließlich für den Schutz im Feeder und für nicht-motorischer Verbraucher* bestimmt. Diese Schalter sind schon deshalb nicht für den Motorschutz geeignet, weil man die Überlastauslöser nicht auf die Motorströme einstellen kann. Außerdem wurde hier die notwendige Kalibrierung für den Motorschutz nicht nachgewiesen.

Unabhängig von der Einstellbarkeit der Überlastauslöser besteht eine gewisse Parallelität der nordamerikanischen Normen zu den IEC-Normen, da auch in der IEC-Welt für den Motorschutz unterschiedliche Produkt-Normen kombiniert werden müssen. Die Leistungsschalter-Norm IEC/EN 60 947-2 [10] berücksichtigt ebenfalls nicht die Erfordernisse für den

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern,
mit elektromagnetischen Kurzschlussauslösern, teilweise einstellbar
approbiert nach UL 489 und CSA -C22.2 No. 5-09

Schalter Art D.1

	Einstellbereich			Schalter mit **B**asis Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlast-auslöser	unverzögerter Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	35 kA 240 V 25 kA 480 Y/277 V	85 kA 240 V 35 kA 480 Y/277 V	
20	15-20	350	fest	*NZM**B**1-A20-**NA***	*NZM**N**1-A20-**NA***	-
25	20-25	350	fest	*NZM**B**1-A25-**NA***	*NZM**N**1-A25-**NA***	-
32	25-32	350	fest	*NZM**B**1-A32-**NA***	*NZM**N**1-A32-**NA***	-
40	32-40	320-400	8 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-A40-**NA***	*NZM**N**1-A40-**NA***	-
50	40-50	300-500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-A50-**NA***	*NZM**N**1-A50-**NA***	-
63	50-63	380-630	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-A63-**NA***	*NZM**N**1-A63-**NA***	-
80	63-80	480-800	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-A80-**NA***	*NZM**N**1-A80-**NA***	-
100	80-100	600-1000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-A100-**NA***	*NZM**N**1-A100-**NA***	-
125	100-125	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**1-A125-**NA***	*NZM**N**1-A125-**NA***	-
				35 kA 240 V 25 kA 480 V 18 kA 600 Y/347 V	85 kA 240 V 35 kA 480 V 25 kA 600 Y/347 V	200 kA 240 V 150 kA 480 V 65 kA 600 Y/347 V
20	15-20	350	fest	*NZM**B**2-A20-**NA***	*NZM**N**2-A20-**NA***	*NZM**H**2-A20-**NA***
25	20-25	350	fest	*NZM**B**2-A25-**NA***	*NZM**N**2-A25-**NA***	*NZM**H**2-A25-**NA***
32	25-32	350	fest	*NZM**B**2-A32-**NA***	*NZM**N**2-A32-**NA***	*NZM**H**2-A32-**NA***
40	32-40	320-400	8 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A40-**NA***	*NZM**N**2-A40-**NA***	*NZM**H**2-A40-**NA***
50	40-50	300-500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A50-**NA***	*NZM**N**2-A50-**NA***	*NZM**H**2-A50-**NA***
63	50-63	380-630	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A63-**NA***	*NZM**N**2-A63-**NA***	*NZM**H**2-A63-**NA***
80	63-80	480-800	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A80-**NA***	*NZM**N**2-A80-**NA***	*NZM**H**2-A80-**NA***
100	80-100	600-1000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A100-**NA***	*NZM**N**2-A100-**NA***	*NZM**H**2-A100-**NA***
125	100-125	750-1250	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A125-**NA***	*NZM**N**2-A125-**NA***	*NZM**H**2-A125-**NA***
						150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 Y/347 V
160	125-160	960-1600	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A160-**NA***	*NZM**N**2-A160-**NA***	*NZM**H**2-A160-**NA***
200	160-200	1200-2000	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A200-**NA***	*NZM**N**2-A200-**NA***	*NZM**H**2-A200-**NA***
250	200-250	1500-2500	6 ... 10 x I_n	*NZM**B**2-A250-**NA***	*NZM**N**2-A250-**NA***	*NZM**H**2-A250-**NA***

Verbindlich sind nur Daten der gültigen Hauptpreisliste (HPL0211)!

Tabelle 15: Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern. Diese Schalter sind nicht für den Motorschutz geeignet (keine Kalibrierung nach UL 508), sondern für den Anlagen- und Kabelschutz. Die Schalter sind zusätzlich als NZM.2-A…-BT-NA mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten bestellbar.

Schutz motorischer Verbraucher. In der IEC-Welt werden die Erfordernisse für den Motorschutz durch die zusätzlichen Anforderungen aus der Motorstarter-Norm IEC/EN 60 947-4-1 [13] berücksichtigt. In dieser Norm werden die Anforderungen an den Auslösekurvenbereich oberhalb des Grenzstrombereichs der Leistungsschalter-Norm mit den unterschiedlichen Auslöseklassen beschrieben. Auch die Produkteigenschaft der optionalen Phasenausfallempfindlichkeit basiert auf der IEC/EN 60 947-4-1. Außerdem findet man in dieser Norm die Anforderungen für die Zuordnungsarten „1“ und „2“ für Motorstarter. Zuordnungsarten für Motorstarter, analog zur IEC, wurden jetzt in den neuen nordamerikanischen Standard UL 60947 [14], als Teil der Harmonisierung, aufgenommen. In der Vergangenheit wurde die Zuordnungsart „2“ manchmal von international tätigen Konzernen in Ausschreibungen für Industrieanlagen und eine Phasenausfallempfindlichkeit nach IEC zusätzlich zur Erfüllung der nordamerikanischen Normen verlangt.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)					
Leistungsschalter mit einstellbaren, elektronischen Überlast- und Kurzschlussauslösern approbiert nach UL 489 und CSA -C22. No. 5-09				**Schalter Art D.2**	
	Einstellbereich			Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlast-auslöser	unverzögerter Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 V
250	125-250	500-2750	2 ... 11 x I_n	*NZM**N**3-AE250-**NA***	*NZM**H**3-AE250-**NA***
400	200-400	800-4400	2 ... 11 x I_n	*NZM**N**3-AE400-**NA***	*NZM**H**3-AE400-**NA***
600	300-600	1200-4800	2 ... 8 x I_n	*NZM**N**3-AE600-**NA***	*NZM**H**3-AE600-**NA***
				85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	125 kA 240 V 85 kA 480 V 50 kA 600 V
800	400-800	1600-9600	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AE800-**NA***	*NZM**H**4-AE800-**NA***
1000	500-1000	2000-12000	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AE1000-**NA***	*NZM**H**4-AE1000-**NA***
1200	600-1200	2400-14400	2 ... 12 x I_n	*NZM**N**4-AE1200-**NA***	*NZM**H**4-AE1200-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs (HPL0211)!

Tabelle 16: Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern.
Diese Schalter sind nicht für den Motorschutz geeignet (keine Kalibrierung nach UL 508), sondern für den Anlagen- und Kabelschutz.

Approbationsgesellschaften, wie UL konnten bereits in der Vergangenheit diese, nicht in den amerikanischen Standards enthaltenen Merkmale nach den IEC-Standards einem *Third Party Test* unterziehen. Das positive Ergebnis konnten sie dem Hersteller aber lediglich als *„Letter Report"* (Bestätigungsbrief der Approbationsgesellschaft) bestätigen. Der Standard UL 60947 ermöglicht jetzt die Bewilligung der bevorzugten *„Listing Marks" (UL-listed)* für Kombinationen mit diesen Merkmalen.

Zur Eignung für den direkten Überlastschutz für Motoren müssen die Leistungsschalter für den nordamerikanischen Markt zunächst in vollem Umfang nach UL 489 approbiert werden. Dann muss zusätzlich die Kalibrierung nach UL 508 und CSA C22.2 No.14 nachgewiesen werden. Nach diesen Standards müssen 3-phasige Überlastschutzorgane, wie die vorgestellten Leistungsschalter, neben anderen Tests nachweisen, dass sie bei einer 2-phasigen Belastung mit 200 und 600 % des Motornennstromes eine akzeptable Auslösezeit besitzen. Diese Prüfung ist ganz grob mit der Prüfung der IEC-Phasenausfallempfindlichkeit zu vergleichen. Bei den nordamerikanischen Kalibrierungsprüfungen wird ebenfalls zwischen den Auslöseklassen *Class 10, 20* oder *30* unterschieden.

Hinweis: Es ist generell zu beachten, dass die höheren Auslöseklassen über eine verlängerte Zeit das Fließen höherer Ströme ermöglichen. Dies führt zu stärkeren thermischen Belastungen im gesamten Stromkreis, also bei Schaltgeräten, Kabeln und Betriebsmitteln, die alle für diese höheren Beanspruchungen dimensioniert sein müssen.

In der IEC-Welt schaltet und schützt man Motoren, die nur gelegentlich von Hand geschaltet werden müssen, direkt mit Leistungsschaltern mit Motorschutzeigenschaften (und mit IEC-Motorschaltvermögen). In Nordamerika erlauben die *Electrical Codes* das direkte Schalten mit approbierten bzw. zertifizierten Leistungsschaltern oder *Molded Case Switches* ebenfalls. Üblicherweise werden Leistungsschalter in Motorabgängen allerdings in Verbindung mit Schützen und Motorschutzrelais eingesetzt. Leistungsschalter müssen zusätzlich, wie vorher erläutert, für den Motorüberlastschutz nach den *Industrial Control Standards* approbiert sein, um auf ein Motorschutzrelais verzichten zu können (Siehe hierzu das folgende Kapitel).

Anforderungen an Motorstarter für den nordamerikanischen Markt

An dieser Stelle muss für das weitere Verständnis eine Zwischeninformation zum Thema Motorstarter eingeschoben werden. Grundsätzlich werden für alle Motorschaltkreise in Nordamerika durch die *Electrical Codes* die 4 Grundfunktionen (**Bild 6**, Seite 21)

- Trennen (Hauptschalter),
- Kurzschlussschutz,
- betriebsmäßiges Schalten (mit Schalter oder z. B. mit Schütz/Frequenzumrichter),
- und Überlastschutz

verlangt. Diese vier Funktionen kann man in der IEC-Welt mit einem einzigen Leistungsschalter oder mit einem einzigen Motorschutzschalter erfüllen, der u. a. nach der IEC/EN 60 947-4-1 geprüft wurde. Lediglich wenn eine hohe Schalthäufigkeit und hohe Lebensdauer für das betriebsmäßige Schalten verlangt wird, setzt man zusätzlich (auf freiwilliger Basis) Schütze ein.

Die *Electrical Codes* empfehlen durchaus den Einsatz von approbierten Leistungsschaltern *(Inverse Time Circuit Breakers)* für das betriebsmäßige Schalten und alle Leistungsschalter *NZM* von Eaton mit dem Typenzusatz „-NA" erfüllen die Anforderungen. Trotzdem werden die meisten der Leistungsschalter die in Nordamerika in Motorstarter-Abgängen eingesetzt werden, mit Schützen und separaten Überlastrelais kombiniert und

als komplette Motorstarter-Kombinationen approbiert, die über ein eigenes, geprüftes *Short Circuit Rating (SCCR)* verfügen. In Nordamerika und in der IEC-Welt ist die Verwendung eines separaten Leistungsschützes für Motorlasten in den meisten Applikationen die vorteilhafteste Lösung, insbesondere für hohe Schalthäufigkeiten und natürlich wenn mit den Motorstartern automatisiert werden muss.

Der folgende Hinweis gilt für die kleineren Motorschutz(leistungs)schalter der Baureihen *PKZM* und gleichartige Geräte der Wettbewerber, die in der kleineren Bauform, unterhalb der hier vorgestellten *NZM 1 ... NZM 4,* angeboten werden [3]:

Hinweis: Nach der nordamerikanischen Bewertung können die weitverbreiteten europäischen Motorschutz(leistungs) schalter **nur schalten** und die Motor**überlastschutz**funktion erfüllen. Die Geräte dieser Bauart werden nicht als **Kurzschlussschutz**organe anerkannt. Man bezeichnet diese Motorschutzschalter in Nordamerika, als ***„Manual Motor Controllers",*** die nur **nach UL 508** approbiert werden können. Im Unterschied zur internationalen Anwendung muss in Nordamerika vor diesen Geräten immer ein zusätzliches Kurzschlussschutzorgan vorgeschaltet werden. Diese Kurzschlussschutzorgane können Schmelzsicherungen oder Leistungsschalter **nach UL 489** sein. Wenn man die zugelassenen Stromstärken beachtet, kann das Kurzschlussschutzorgan bei den Geräten von Eaton beispielsweise in der Schaltschrankzuleitung angeordnet werden und auch eine Gruppenschutzfunktion übernehmen. Die Motorschutzschalter von Eaton wurden deswegen zusätzlich für *„Group Protection"* und als *„Tap Conductor Protector"* approbiert. Nachfolgend werden weitere sehr vorteilhafte Lösungen beschrieben (UL 508 Type E und UL 508 Type F), bei denen man auf ein Vorschaltschutzorgan weitgehend verzichten kann.

Die Druckschrift [3] stellt aber auch für die kleineren Bauformen Lösungsmöglichkeiten vor, durch die man auf vorgeschaltete Kurzschlussschutzorgane nach UL 489 oder auf Schmelzsicherungen verzichten kann. Die neusten nordamerikanischen Standards erlauben den Einsatz von *„Self-Protected Combination Starters"* (Construction Type E-Motorstarter). Diese „UL 508 Type E"-Motorstarter müssen nur auf der Schaltereingangsseite die großen Luft- und Kriechstrecken nach UL 489 besitzen, sowie ein hohes Kurzschlussausschaltvermögen (SCCR).

Die großen Luft- und Kriechstrecken lassen sich durch zusätzliche Einspeiseklemmen sehr einfach realisieren. Durch diese Zusatzklemmen, die auch in Verbindung mit den sehr häufig verwendeten Drehstromschienenblöcken zur Einspeisung von mehreren Motorschutzschaltern geeignet sind, unterscheidet sich die Baugröße nur unwesentlich von der IEC-Baugröße. Dies ist für Anwender interessant, die in Schaltschränken für Nordamerika und die IEC-Welt gleiche Schaltschrank-Layouts erreichen wollen. *Manual „UL 508 Type E" Motor Starters* werden durch das Hinzufügen von Schützen zu „UL 508 Type F"-Motorstartern ergänzt. Die Begriffe *„UL 508 Type E"* und *„UL 508 Type F"* sind keine Eaton Begriffe. Sie ergeben sich als *„Combination Motor Starter Construction Types"* mit einer Kennzeichnung durch Buchstaben aus den nordamerikanischen Standards. Mit dem Sortiment der Motorschutzschalter *PKZM0* und *PKZM4* lassen sich bis 52 A vorteilhaft Motorstarter mit zwei Komponenten (*PKZM* plus Schütz *DILM*) realisieren. Daher besteht erst oberhalb von 52 A die Notwendigkeit, Leistungsschalter *NZM* in 2-Komponenten-Motorstartern einzusetzen.

Bei den hier beschriebenen Leistungsschaltern der Generation *NZM 1 ... 4* ist die vorstehend beschriebene Problematik, bezüglich des Kurzschlussschutzes und der Trennereigenschaften, vom Anwender nicht besonders zu berücksichtigen, da alle vorgestellten Schalter, entsprechend Tabelle 9 (Seite 16), vollwertig nach UL 489 approbiert wurden.

In Kombination *mit Schützen* können die neuen, gelisteten **Schalter der Art E** (→ *NZM..-**ME**..-NA*) von 45 A bis 200 A vorteilhaft in Motorstartern mit zwei Komponenten eingesetzt werden (siehe Kapitel „Motorschutz-Leistungsschalter *NZM* – und mehr –"). Wenn man die **Schalter Arten B.1** oder **B.2** (→ *NZM..-**S**..-CNA, NZM..-**SE**..-CNA*) *mit Schützen **und Motorschutzrelais*** zu 3-Komponenten-Motorstartern nach **Bild 7** kombiniert, werden in diesen Kombinationen der Kurzschlussschutz und die Trennereigenschaften durch die Leistungsschalter sichergestellt. Bei diesen letztgenannten Kombinationen sind die beschriebenen Einschränkungen für *„Recognized Components"* zu beachten (für das betriebsmäßige Schalten sind sie

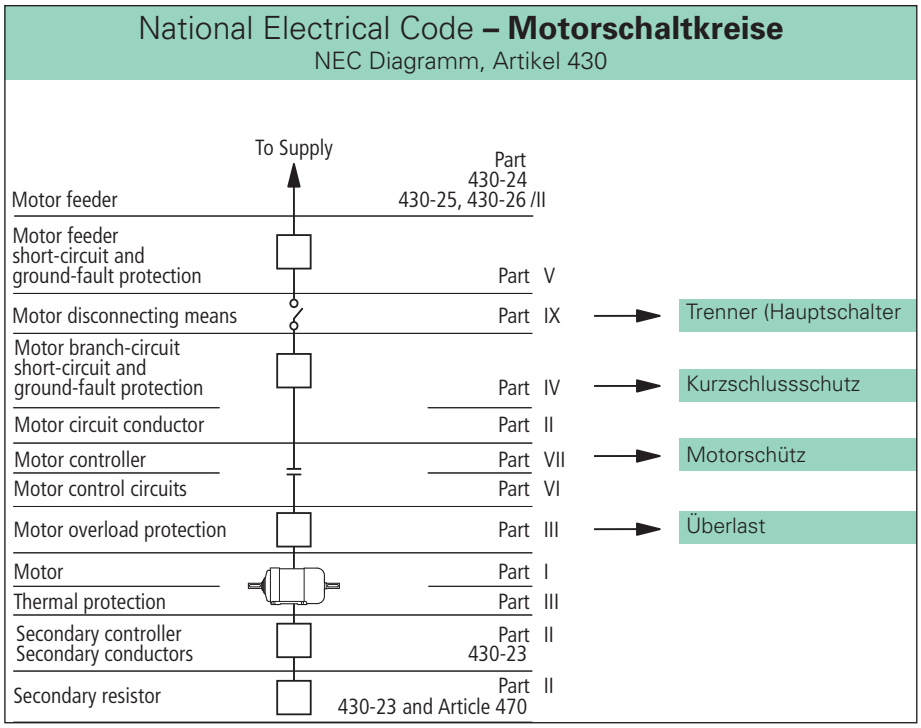


Bild 6: Das Bild 430-1 aus dem National Electrical Code zeigt die wichtigen Bestandteile von Motorschaltkreisen. Die unterschiedlichen internationalen und nordamerikanischen Definitionen der Begriffe sind die Ausgangspunkte für viele Missverständnisse und die Probleme bei Abnahmen durch nordamerikanische Inspektoren. Ein ähnliches Bild beinhaltet auch der kanadische CEC. Die letzten Ausgaben des NEC's werden die Funktionsgruppen aus Artikel 430 mit römischen Zahlen, von Part I bis Part XIV, gekennzeichnet. Früher wurden große Buchstaben verwendet.

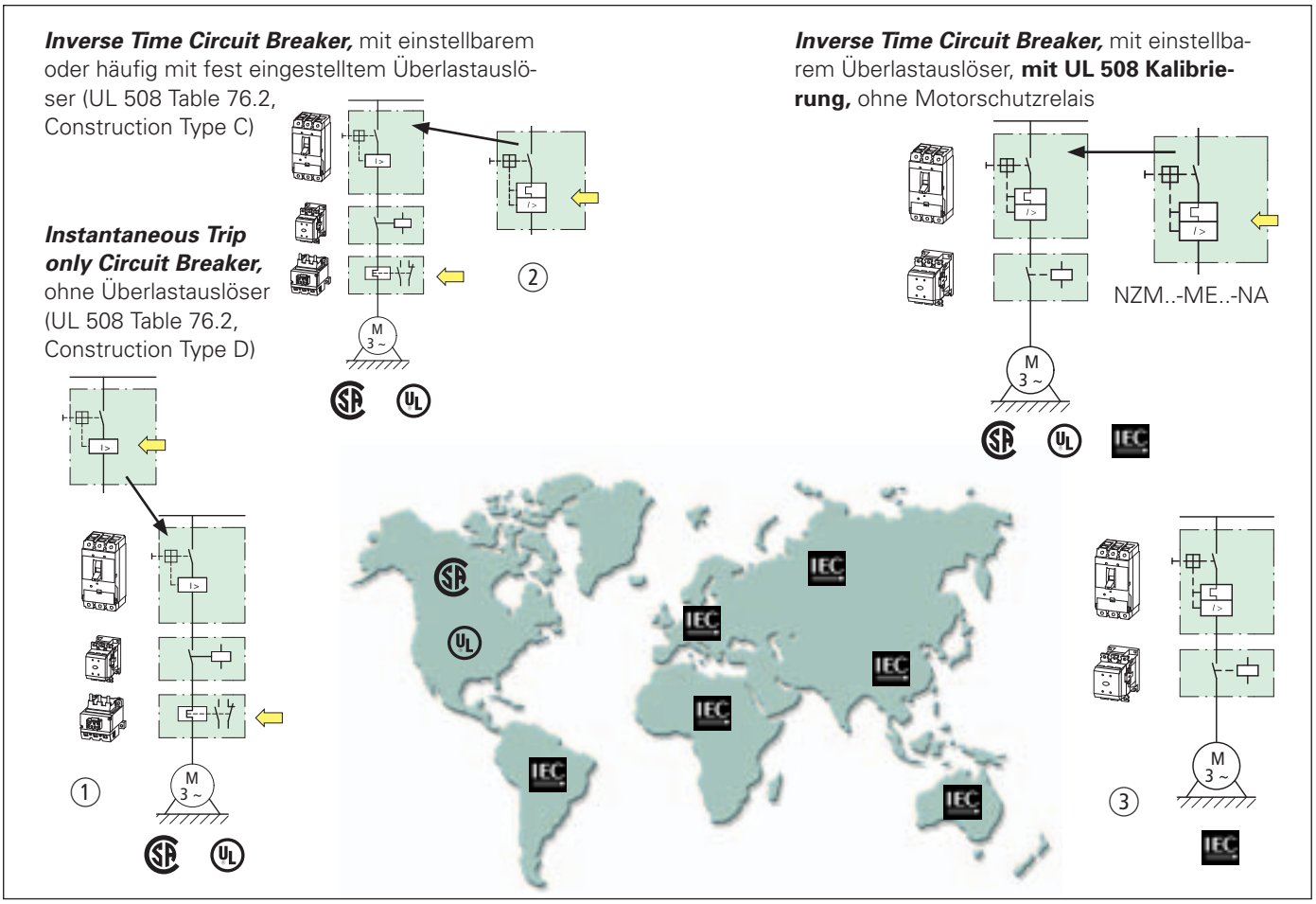


Bild 7: In Nordamerika sind z. Z. überwiegend Motorstarter bestehend aus den 3 Komponenten, Leistungsschalter, Schütz und Motorschutzrelais üblich. In der IEC-Welt besteht der Motorstarter normalerweise aus dem Leistungsschalter oder Motorschutzschalter und einem Schütz. Die 2-Komponenten-Motorstarter werden sich, mit Hilfe der neuen Motor Protection Circuit Breakers NZM..2-ME…-NA auch zunehmend in Nordamerika durchsetzen.

mit einem Schütz und für den Überlastschutz mit einem Motorschutzrelais zu kombinieren).

Alle Motorstarter-Prüfungen müssen nach den nordamerikanischen Standards in Gehäusen durchgeführt werden. Durch diese Prüfungen ist vom Schaltgeräte-Hersteller nachzuweisen, dass Personen im seltenen Kurzschlussfall nicht gefährdet werden. Der Kurzschluss darf nicht zu Beschädigungen am Gehäuse oder in seiner Umgebung führen. Eaton führt die notwendigen Motorstarterprüfungen in den, in den USA oder in Kanada üblichen nordamerikanischen Gehäusen durch. Bei den Prüfungen werden *Motor Control Center MCC 3000* von Eaton in Nordamerika mit den kleinstmöglichen Einschüben eingesetzt. Die Gehäuse, die tatsächlich im Exportfall nach Nordamerika geliefert werden sollen, müssen mit den Prüfgehäusen bezüglich Größe und Qualität mindestens gleichwertig sein.

Leistungsschalter ohne Überlastauslöser: wichtige Bestandteile nordamerikanischer Motorstarter

Der Einsatz dieser Schalter (→ *NZM...-S(E)..-CNA*) stellt die typisch nordamerikanische Lösung innerhalb des schmelzsicherungslosen Motorstarters dar. Man nennt diese Schalter in Nordamerika „*Instantaneous Trip Circuit Breakers*" oder „*Magnetic Only Circuit Breakers*". In den verschiedenen Tabellen werden diese Schalter als **Schalter Art B.1** und **B.2** gekennzeichnet. Das Sortiment wird in den **Tabellen 17 a, b** und **18** dargestellt. Die Schalter besitzen einstellbare magnetische oder elektronische Schnellauslöser für den Kurzschlussschutz des Motorstarters und keine Überlastauslöser.

Diese Schalter müssen immer mit einem Schütz und mit einem Motorschutzrelais zu einem *Individual Combination Motor Starter Branch Circuit* ergänzt werden. Daher können diese Schalter nur die eingeschränkte Approbation erhalten. Moeller series Schalter werden als *„Recognized Components"* bei Eaton mit dem Zusatz zum Bestelltyp ***„-CNA"*** gekennzeichnet. Die ***-CNA***-Schalter dürfen in den USA und in Kanada ausschließlich in gelisteten Motorstartern eingesetzt werden. Gelistete Motorstarter sind Motorstarter, deren Bestandteile zusammen geprüft wurden und die in den Approbationsakten und im Katalog komplett beschrieben werden.

Die Schalter werden nach der Bemessungsstromangabe, in A, ausgewählt (**Tabelle 19**). Die UL-/CSA-Approbationen lassen für diese Schalter keine Aussagen zum Schaltvermögen auf dem Leistungs-

Leistungsschalter für Nordamerika (Instantaneous Trip Circuit Breakers)

Leistungsschalter ohne Überlastauslöser,
mit einstellbaren, elektromagnetischen Kurzschlussauslösern
Kurzschlussschutz für individuelle Motorstarter
approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art B.1

	Einstellbereich			Schalter mit **B**asis Schaltvermögen	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen
	Überlastauslöser (nicht vorhanden)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		Das tatsächliche Schaltvermögen darf erst für die Kombination mit Schütz und Motorschutzrelais angegeben werden.	
				Typ	**Typ**
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	240 V 480 Y/277 V	240 V 480 Y/277 V
1,2	-	8-14	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S1.2-**CNA***	*NZM**N**1-S1.2-**CNA***
2	-	12,8-22,4	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S2-**CNA***	*NZM**N**1-S2-**CNA***
3	-	19,2-33,6	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S3-**CNA***	*NZM**N**1-S3-**CNA***
5	-	32-56	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S5-**CNA***	*NZM**N**1-S5-**CNA***
8	-	48-84	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S8-**CNA***	*NZM**N**1-S8-**CNA***
12	-	80-140	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S12-**CNA***	*NZM**N**1-S12-**CNA***
18	-	128-224	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S18-**CNA***	*NZM**N**1-S18-**CNA***
26	-	200-350	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S26-**CNA***	*NZM**N**1-S26-**CNA***
33	-	256-448	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S33-**CNA***	*NZM**N**1-S33-**CNA***
40	-	320-560	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S40-**CNA***	*NZM**N**1-S40-**CNA***
50	-	400-700	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S50-**CNA***	*NZM**N**1-S50-**CNA***
63	-	504-882	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S63-**CNA***	*NZM**N**1-S63-**CNA***
80	-	640-1120	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**1-S80-**CNA***	*NZM**N**1-S80-**CNA***
100	-	800-1250	8 ... 12,5 x I_n	*NZM**B**1-S100-**CNA***	*NZM**N**1-S100-**CNA***

Verbindlich sind nur Daten der gültigen Hauptpreisliste (HPL0211)!

Der Typenzusatz -CNA bedeutet, dass die Geräte eine eingeschränkte UL-Approbation besitzen. Beim Einsatz der Schalter müssen Zusatzbedingungen eingehalten werden! Die Schalter aus dieser Tabelle müssen jeweils mit einem geeigneten Schütz und Motorschutzrelais kombiniert werden! Sie sind als Einzelgeräte CSA-approbiert und sie müssen nach dem CEC in der gleichen Weise kombiniert werden.

Tabelle 17 a: Der Einsatz von Leistungsschaltern ohne Überlastauslöser ist in Nordamerika sehr gebräuchlich. Diese Schalter übernehmen die Trenner- und die Kurzschlussschutzfunktion. Derartige Schalter können in den USA nur als «Recognized Components» approbiert werden. Als Zusatzbedingung ist zu beachten, dass sie mit Motorschutzrelais und Schütz zu Motorstartern kombiniert werden müssen. Nur für die komplette Kombination kann ein Schaltvermögen angegeben werden. Schalter mit der Spannungsangabe 480 Y/277 V dürfen nur in geerdeten Netzen eingesetzt werden.

schild oder im Katalog zu. Die Angabe eines Kurzschlussschaltvermögens erfolgt erst für die komplette Motorstarterkombination (siehe nächster Absatz). Wenn die Schalter mit Hilfsschaltern bestückt sind, verfügen diese Hilfsschalter über Angaben zu ihrer Gebrauchsart als Steuergerät (üblicherweise in Pilot Duties).

Die Leistungsschalter *NZM...-S(E)..-CNA (ohne Überlastauslöser)* werden nicht als Einzelgeräte eingesetzt, sondern wie bereits beschrieben stets mit einem nachgeschalteten Schütz **und** Motorschutzrelais zu einem *„Combination Motor Starter Assembly"* kombiniert.

Hierbei schaltet das Schütz den Motorstrom betriebsmäßig, das Motorschutzrelais übernimmt die Überlastschutzfunktion für Motor und Kabel und der Leistungsschalter dient als Kurzschlussschutz. Für einen einzelnen Motorstarter (Antrieb) kann der Schalter die Trennfunktion übernehmen. Diese Kombinationen mit Motorschutzrelais ermöglichen über die jeweiligen Hilfsschalter von Motorschutzrelais und Leistungsschalter die getrennte Anzeige einer Überlast-Auslösung oder einer Kurzschluss-Auslösung.

Um eine getrennte Signalisierung des Auslösegrundes zu ermöglichen, werden derartige Kombinationen gelegentlich auch in der IEC-Welt eingesetzt. Hier setzt man sie z. B. auch bei Motoren mit Schweranlauf ein, um durch die entsprechende Auslösecharakteristik (Class 5 – 40) elektronischer Motorschutzrelais eine längere Hochlaufzeit zu ermöglichen (die höhere thermische Belastung im gesamten Stromkreis muss beachtet werden). Diese 3-Komponenten-Motorstarter sind auch für den Export nach Nordamerika einzusetzen, wenn die Motorströme größer als 200 A sind und die im folgenden Kapitel **„Motorschutz-Leistungsschalter *NZM* – und mehr"** vorgestellten Schalter nicht mehr ausreichen.

Leistungsschalter für Nordamerika (Instantaneous Trip Circuit Breakers)

Leistungsschalter ohne Überlastauslöser,
mit einstellbaren, elektromagnetischen Kurzschlussauslösern
Kurzschlussschutz für individuelle Motorstarter
approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art B.1

	Einstellbereich			Schalter mit **B**asis Schaltvermögen	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen
	Überlastauslöser (nicht vorhanden)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		Das tatsächliche Schaltvermögen darf erst für die Kombination mit Schütz und Motorschutzrelais angegeben werden.		
				Typ	**Typ**	**Typ**
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	240 V 480 V 600 Y/347 V	240 V 480 V 600 Y/347 V	240 V 480 V 600 Y/347 V
1,6	-	12,8-22,4	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S1.6-**CNA***	*NZM**N**2-S1.6-**CNA***	*NZM**H**2-S1.6-**CNA***
2,4	-	19,2-33,6	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S2.4-**CNA***	*NZM**N**2-S2.4-**CNA***	*NZM**H**2-S2.4-**CNA***
5	-	32-56	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S5-**CNA***	*NZM**N**2-S5-**CNA***	*NZM**H**2-S5-**CNA***
8	-	48-84	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S8-**CNA***	*NZM**N**2-S8-**CNA***	*NZM**H**2-S8-**CNA***
12	-	80-140	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S12-**CNA***	*NZM**N**2-S12-**CNA***	*NZM**H**2-S12-**CNA***
18	-	128-224	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S18-**CNA***	*NZM**N**2-S18-**CNA***	*NZM**H**2-S18-**CNA***
26	-	200-350	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S26-**CNA***	*NZM**N**2-S26-**CNA***	*NZM**H**2-S26-**CNA***
33	-	256-448	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S33-**CNA***	*NZM**N**2-S33-**CNA***	*NZM**H**2-S33-**CNA***
40	-	320-560	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S40-**CNA***	*NZM**N**2-S40-**CNA***	*NZM**H**2-S40-**CNA***
50	-	400-700	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S50-**CNA***	*NZM**N**2-S50-**CNA***	*NZM**H**2-S50-**CNA***
63	-	504-882	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S63-**CNA***	*NZM**N**2-S63-**CNA***	*NZM**H**2-S63-**CNA***
80	-	640-1120	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S80-**CNA***	*NZM**N**2-S80-**CNA***	*NZM**H**2-S80-**CNA***
100	-	800-1400	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S100-**CNA***	*NZM**N**2-S100-**CNA***	*NZM**H**2-S100-**CNA***
125	-	1000-1750	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S125-**CNA***	*NZM**N**2-S125-**CNA***	*NZM**H**2-S125-**CNA***
160	-	1280-2240	8 ... 14 x I_n	*NZM**B**2-S160-**CNA***	*NZM**N**2-S160-**CNA***	*NZM**H**2-S160-**CNA***
200	-	1600-2500	8 ... 12,5 x I_n	*NZM**B**2-S200-**CNA***	*NZM**N**2-S200-**CNA***	*NZM**H**2-S200-**CNA***
250	-	2000-2500	8 … 10 x I_n	*NZM**B**2-S250-**CNA***	*NZM**N**2-S250-**CNA***	*NZM**H**2-S250-**CNA***

Verbindlich sind nur Daten der gültigen Hauptpreisliste (HPL0211)!

Der Typenzusatz -CNA bedeutet, dass die Geräte eine eingeschränkte UL-Approbation besitzen. Beim Einsatz der Schalter müssen Zusatzbedingungen eingehalten werden! Die Schalter aus dieser Tabelle müssen jeweils mit einem geeigneten Schütz und Motorschutzrelais kombiniert werden! Die Schalter sind als Einzelgeräte CSA-approbiert und sie müssen nach dem CEC in der gleichen Weise kombiniert werden.

Tabelle 17 b: Fortsetzung der Tabelle 17 a. Ein Teil der Strombereiche dieser Tabelle wird bereits durch die Baugröße NZM 1 abgedeckt. Die Baugröße NZM 2 ermöglicht bei diesen Strombereichen weitere Zusatzausrüstungen und höhere Schaltvermögen. Oberhalb von 200 A, d. h. oberhalb des Eaton Angebots für 2-Komponenten-Motorstarter, können mit diesen Schaltern 3-Komponenten-Motorstarter aufgebaut werden. Sie sind zusätzlich als NZM..2-S…-BT-CNA mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten bestellbar.

In Nordamerika werden solche Kombinationen im *Motor Control Center (MCC)*, aber auch als Einzelstarter in separaten Gehäusen oder in Steuerungsschaltschränken z. B. für Maschinen eingesetzt. Sie können in Stromkreisen eingesetzt werden, in denen Kurzschlussströme maximal bis zu ihrem Kurzschlussschaltvermögen auftreten können. Wie vorher erklärt, wurden diese Werte durch die *Third Party Tests* der Approbationsgesellschaften nachgewiesen. Die Kombinationen können als „*listed*" oder „*certified*" *Combination Motor Starters* mit dem approbierten SCCR nach den Vorgaben der nordamerikanischen *Electrical Codes* eingesetzt werden.

Motorschutz-Leistungsschalter *NZM* – und mehr –

Die in diesem Kapitel beschriebenen Schalter werden in den verschiedenen Tabellen dieses Aufsatzes als **Schalter** der **Art E** (→ *NZM..-ME..-NA*) gekennzeichnet. (Siehe auch die Erläuterungen in dem Kapitel „Anforderungen an Motorstarter für den nordamerikanischen Markt"). Diese Schalter nennt man in Nordamerika *„Motor Protection Circuit Breakers"*. Diesen Begriff findet man z.Z. noch nicht in der UL 489. Längerfristig ist damit zu rechnen, dass die hier beschriebenen Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern und Motorschutzfunktion die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Leistungsschalter ohne Überlastauslöser in der Bedeutung für Motorstarter auch in Nordamerika überholen werden. Es wird dann das bei der nordamerikanischen Lösung zusätzlich notwendige Motorschutzrelais mit Platzbedarf, Materialkosten und Verarbeitungszeit eingespart. In der IEC-Welt kann man sich eine andere Lösung kaum vorstellen.

Leistungsschalter für Nordamerika (Instantaneous Trip Circuit Breakers)

Leistungsschalter ohne Überlastauslöser,
mit einstellbaren, elektronischen Kurzschlussauslösern
Kurzschlussschutz für individuelle Motorstarter
approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art B.2

	Einstellbereich			Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen
	Überlastauslöser (nicht vorhanden)	unverzögerter Kurzschlussauslöser		Das tatsächliche Schaltvermögen darf erst für die Kombination mit Schütz und Motorschutzrelais angegeben werden.	
				Typ	**Typ**
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i	240 V 480 V	240 V 480 V
90	-	90-1260	2 ... 14 x I_n	*NZM**N**2-SE90-**CNA***	*NZM**H**2-SE90-**CNA***
140	-	140-1960	2 ... 14 x I_n	*NZM**N**2-SE140-**CNA***	*NZM**H**2-SE140-**CNA***
220	-	220-3080	2 ... 14 x I_n	*NZM**N**2-SE220-**CNA***	*NZM**H**2-SE220-**CNA***
				240 V 480 V 600 V	240 V 480 V 600 V
220	-	220-3080	2 ... 14 x I_n	*NZM**N**3-SE220-**CNA***	*NZM**H**3-SE220-**CNA***
350	-	350-4900	2 ... 14 x I_n	*NZM**N**3-SE350-**CNA***	*NZM**H**3-SE350-**CNA***
500	-	450-6300	2 ... 14 x I_n	*NZM**N**3-SE450-**CNA***	*NZM**H**3-SE450-**CNA***

Verbindlich sind nur Daten der gültigen Hauptpreisliste!

Der Typenzusatz -CNA bedeutet, dass die Geräte eine eingeschränkte UL-Approbation besitzen. Beim Einsatz der Schalter müssen Zusatzbedingungen eingehalten werden! Die Schalter aus dieser Tabelle müssen jeweils mit einem geeigneten Schütz und Motorschutzrelais kombiniert werden! Sie sind als Einzelgeräte CSA-approbiert und sie müssen nach dem CEC in der gleichen Weise kombiniert werden.

Tabelle 18: In Ergänzung zu den Tabellen 17 a und b stehen weitere Leistungsschalter ohne Überlastschutz, mit elektronischen Auslösern, zur Verfügung. Es gelten die gleichen Zusatzbedingungen, wie im Text zu Tabelle 17 a beschrieben wurde. Die Schalter der Baugröße 2 sind zusätzlich auch als NZM.2-SE…-BT-CNA mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten bestellbar.

Die *Motor Protection Circuit Breakers* ***NZM...-ME..-NA*** entsprechen in etwa den Leistungsschaltern für den Motorschutz in der IEC-Welt. Derartige Schalter gab es bei allen Vorgängergenerationen der Eaton Leistungsschalter noch nicht. Neu an diesen Schaltern ist die Kombination aus einer Approbation nach UL 489, als alleiniges Schutzgerät für *Feeder* und *Branch Circuits* und einer Kalibrierungsprüfung für den Motorschutz nach UL 508 (wie für Motorschutzrelais). Diese Art von Leistungsschaltern ist auch in Nordamerika noch sehr neu. Sie sind als eine Annäherung an die IEC-Welt zu sehen. Eaton empfiehlt diese besonders universellen Schalter ausdrücklich für Motorstarterabgänge in Schaltanlagen für den Export nach Nordamerika.

Bei der vorhergehenden Schalter-Generation gab es *„Motorschutzschalter NZM“*, die allerdings nur nach UL 508 approbiert war. Bei der jetzigen Generation wird die Bezeichnung *„Motor Protection Circuit Breakers“* der tatsächlichen Bedeutung der Schalter nicht ganz gerecht, da die neuen Schalter durch ihre UL 489-Approbation auch ohne Einschränkungen für den Anlagen- und Kabelschutz in Einspeisungen und Abgängen eingesetzt werden können. Das Sortiment der **Schalter der Art E** wird in der **Tabelle 20** dargestellt. Während Leistungsschalter in Nordamerika normalerweise nur *80 %-rated* sind, also nur bis zu 80 % ihres Nennstromes belastet werden dürfen, sind die ***NZM..-ME...-NA*** *100 %-rated*. Das bedeutet, dass diese Schalter bis zu 100 % ihres Nennstromes belastbar sind. *80 %-rated* Schalter werden, da sie in Nordamerika den Normalfall darstellen, nicht besonders gekennzeichnet.

Zu dimensionierender Schalter in einem Motorstarter	**Bedingungen**	**Zu schützender Motor**
Der Schalterbemessungsstrom	muss *gleich oder größer* sein	als **115 %** des Motornennstromes
• der Kurzschlussschnellauslöser muss einstellbar sein • Auslösestrom der Schnellauslöser	darf vom Anlagenbetreiber *nicht höher* eingestellt werden	als **1300 %** des Motornennstromes • Ausnahme für hoch effiziente Motoren: **1700 %** statt **1300 %**

Tabelle 19: Dimensionierung der Leistungsschalter ohne Überlastschutzfunktion (NZM...-S(E)..-CNA) entsprechend NEC bzw. CEC.

Motorschutz-Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)
Motor Protective Circuit Breakers

Leistungsschalter mit einstellbaren elektronischen Kurzschluss- und Überlastauslösern, Trägheitsgradeinstellung für Überlastauslöser approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09
zusätzlich Motorschutzcharakteristik (Kalibrierung) **nach UL 508 und CSA-C22.2 No.14**
Die Überlastkennlinie kann zur **Trägheitsgradeinstellung** in Schritten verschoben werden, zwischen 2 und 20 sec bei 6 x I_r.
Besonderheit: 100 % rated Circuit Breakers

	Einstellbereich			Motorleistung		passendes Leistungs-schütz	Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**		Schalter mit **H**ohem Schalt-vermögen **Typ**	
	Überlast-auslöser	unverzögerter Kurzschluss-auslöser					SCCR		SCCR	
				230 V 240 V HP	460 V 480 V HP		ohne Schütz	mit Schütz bis	ohne Schütz	mit Schütz bis
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	I_i [A]	I_i				85 kA 240 V 35 kA 480 V	65 kA/240 V 35 kA/480 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V	65 kA/240 V 65 kA/480 V
90	45-90	90-1260	2 ... 14 x I_n	20 – 25 30	40 50 60 –	*DILM50* *DILM65* *DILM80* *DILM80*	*NZM**N**2-ME90-**NA***		*NZM**H**2-ME90-**NA***	
140	70-140	140-1960	2 ... 14 x I_n	40 50	75 100	*DILM95* *DILM115*	*NZM**N**2-ME140-**NA***		*NZM**H**2-ME140-**NA***	
200	100-200	200-2800	2 ... 14 x I_n	– 60 75	125 – 150	*DILM150* *DILM185* *DILM225*	*NZM**N**2-ME200-**NA***		*NZM**H**2-ME200-**NA***	

Verbindlich sind nur Daten der gültigen Hauptpreisliste!

Tabelle 20: Die Leistungsschalter sind nach UL 489 mit Kurzschluss- und Überlastauslöser und mit Motorschutzcharakteristik nach UL 508 und CSA-C22.2 No.14 approbiert. Sie sollen auch in Nordamerika die großen „Motorschutzschalter" werden. Die Schalter sind 100 % rated, d.h. der gesamte Einstellbereich der Schalter kann genutzt werden. Für „Motorstarter aus 2 Komponenten" sind leistungsbezogen mindestens die angegebenen Schütze einzusetzen.

Ein Schalter ***NZM..-ME...-NA*** mit einem Nennstrom von 200 A kann dagegen für einen 200-A-Motor eingesetzt werden. Da Schalter mit einem *100 %-Rating* in Nordamerika der Sonderfall sind, müssen sie auf dem Leistungsschild entsprechend gekennzeichnet werden. Die hier beschriebenen Schalter besitzen elektronische Auslöser und dadurch einen weiten Einstellbereich von 0,5 – 1 x Nennstrom. Bei den Schaltern ***NZM..-ME..-NA*** besteht die Möglichkeit, mit einem dritten Wahlschalter die Auslösekurve zu verschieben, um z. B. auch Motoren bei schwereren Anlaufbedingungen zu schützen, ohne dass der Schalter während des Hochlaufs auslöst. Diese Schalter stehen für Ströme zwischen 45 und 200 A zur Verfügung. Mit einem Schütz kombiniert stellen sie praktisch die Fortsetzung der *UL 508 Type F-Starter* oberhalb der 52 A dar, die mit dem *PKZM0* und *PKZM4* realisiert werden können. Die Schalter stehen mit unterschiedlichen Schaltvermögen zur Verfügung und so lassen sich 2-Komponenten-Motorstarter mit unterschiedlichen *SCCR*-Werten aufbauen.

Die nordamerikanischen *Electrical Codes* schreiben vor, dass gelistete Leistungs-

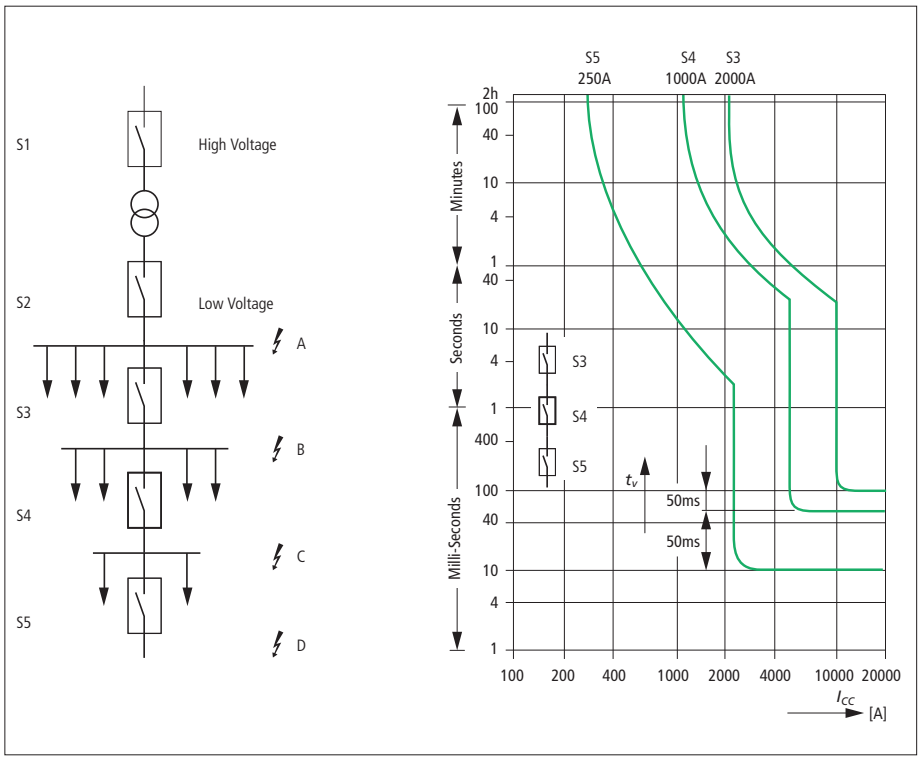


Bild 8: Beispiel für einen kaskadenförmigen Netzaufbau. Die Schalter in den verschiedenen Netzebenen sollen selektiv abschalten. Dies lässt sich mit einer Zeitselektivität realisieren. Der Schalter der untersten Ebene (im Beispiel S 5) besitzt unverzögerte Kurzschlussstromauslöser, alle vorgeschalteten Schalter sind um 50 ms, 100 ms usw. kurzzeitverzögert.

schalter auch zum **Schalten** von Motoren geeignet sein müssen (als *Motor controller*). In der Praxis werden Leistungsschalter meistens mit einem Leistungsschütz zu einem Motorstarter kombiniert, um Motoren automatisiert oder aus der Ferne zu schalten. Durch das Schütz lassen sich Motoren in industriellen Anwendungen mit einer höheren Schalthäufigkeit und mit einer höheren elektrischen Lebensdauer schalten. Aus diesen praktischen Erwägungen heraus, sollen die *Motor Protective Circuit Breakers* ebenfalls zusammen mit Leistungsschützen als *Combination Motor Starters* approbiert werden.

Leistungsschalter für besondere Anwendungen auf dem nordamerikanischen Markt

Wenn man über den Kurzschlussschutz spricht, denkt man fast automatisch an den Schutz gegen hohe Kurzschlussströme. Es gibt aber auch Anwendungen, bei denen sich der Projekteur fragen muss, ob die Kurzschlussströme, die im Störungsfall fließen können, überhaupt ausreichend hoch sind, um den Schutzschalter auszulösen. Aus diesem Grund sind Kurzschlussstromauslöser häufig einstellbar. Anwendungsfälle mit niedrigen Kurzschlussströmen können bei einer Versorgung durch Generatoren oder bei einem hohen Spannungsfall bei langen Kabeln und Leitungen (Dämpfung durch hohe Leitungsimpedanz) natürlich auch auf dem nordamerikanischen Markt auftreten.

Die Aussage über niedrige Kurzschlussströme gilt nicht generell für alle Generatoren. Generatoren auf großen Containerschiffen erzeugen heute in den impedanzarmen Bordnetzen Kurzschlussströme bis 150 kA. Bei Netzumschaltungen können Kurzschlussströme in Abhängigkeit von der jeweiligen Spannungsquelle sehr unterschiedlich hoch sein. Für den Generator- und Transformatorschutz stehen bei den **Schaltern der Arten C.3** (→ *NZM..-**VEF**..-NA*) und **D.3** (→ *NZM..-**VE**..-NA*) Kurzschlussschutzauslöser für besonders niedrige Kurzschlussströme zur Verfügung.

Die Schalter ***NZM..-VEF...-NA*** (mit elektronischen, fest eingestellten Überlastauslösern) und ***NZM..-VE...-NA*** (mit elektronischen, einstellbaren Überlastauslösern) sind besonders universell einsetzbar. Für den Selektivschutz, einer speziellen Form des Anlagen- und Kabelschutzes, stehen diese Schalter mit zusätzlichen kurzzeitverzögerten Kurzschlussauslösern zur Verfügung, die den Aufbau einer Zeitselektivität ermöglichen. Wenn mehrere Schalter kaskadenförmig in mehreren Netzebenen in Reihe liegen (**Bild 8**), schafft man durch unterschiedlich lang verzögerte Kurzschlussauslöser in den verschiedenen Netzebenen eine zeitliche Staffelung, die sicherstellt, dass nur der, der Störungsstelle am nächsten liegende Schalter auslöst (*Coordinated Overcurrent Protection*).

Die kurzzeitverzögerten Schalter können auch wichtig sein, um nicht auf hohe Einschaltspitzenströme von Betriebsmitteln, z. B. leerlaufenden Transformatoren, zu reagieren. In der untersten Netzebene setzt man üblicherweise unverzögerte Schalter ein. Daher müssen nicht für alle Bemessungsstromstärken Schalter mit verzögerten Kurzschlussstromauslösern zur Verfügung stehen. Bei Motorschutz(leistungs)schaltern *PKZM,* die man bei kleinen Stromstärken einsetzt, oder bei Leistungsschaltern mit thermomagnetischen Auslösern, kennt man beispielsweise keine verzögerten Auslöser. Die unverzögerten Schalter werden immer in der untersten Ebene einer Selektivitätskette eingesetzt. Die Sortimente der **Schalter der Arten C.3** und **D.3** werden in den **Tabellen 21 und 22** dargestellt. Die **Tabelle 23** stellt die unterschiedlichen Ausstattungen und die typischen Einsatzgebiete der **Schalter der Arten C.3** und **D.3** dar.

Auslösekennlinien von Leistungsschaltern (mit Einstellhilfe)

Das **Bild 9** zeigt den grundsätzlichen Aufbau von Auslösekennlinien für Leistungsschalter mit den unterschiedlichen Funktionsbereichen. Diese Thematik wird ausführlich in [15] erläutert. Je nach Typ des Leistungsschalters und seiner Ausstattung mit elektromechanischen oder elektronischen Auslösern sind nicht alle im **Bild 9** gezeigten Einstellmöglichkeiten vorhanden. Siehe auch **Tabelle 24**. Moeller series Leistungsschalter von Eaton mit elektronischen Auslösern besitzen als Besonderheit einen elektronischen Speicher, aus dem die letzten 10 Ereignisse, sowie die Ströme und weitere Informationen ausgelesen werden können. Die Informationen lassen sich bei IEC-Schaltern über ein Data Management Interface *DMI* auch in die Ferne übertragen (**Bild 10,** Seite 33) (das

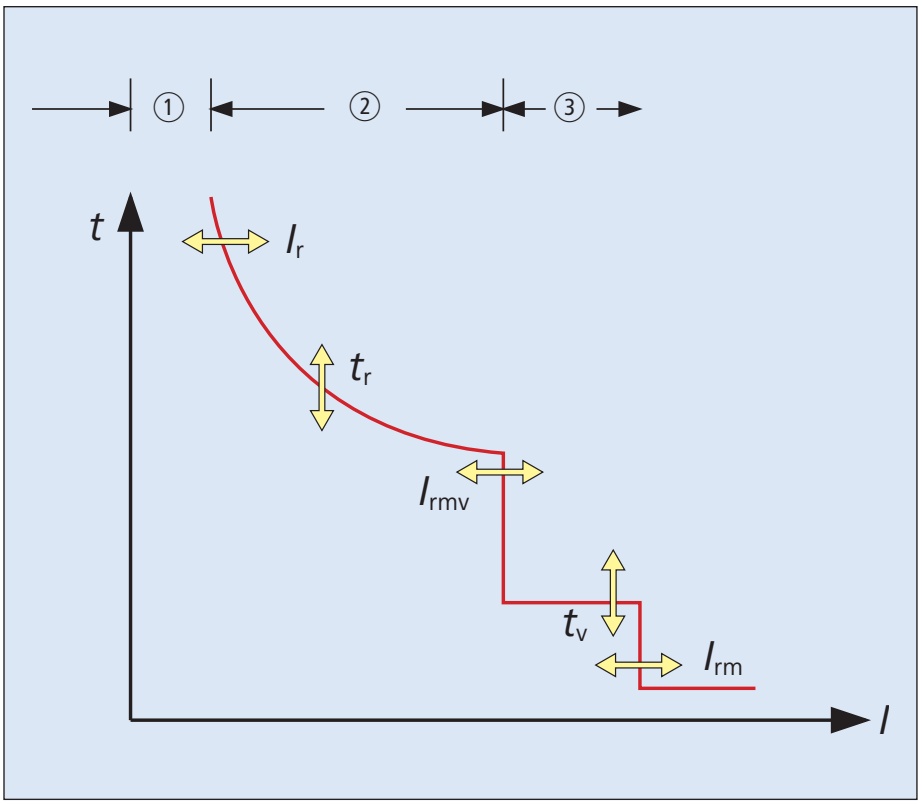


Bild 9: Das Bild zeigt eine beispielhafte Auslösekennlinie mit den Funktionsbereichen
1. Nichtauslösebereich/Betriebsbereich, links bzw. unter der roten Auslösekennlinie,
2. Überlastbereich, kurzzeitiges Überschreiten ist möglich,
3. Kurzschlussbereich.
Das Bild zeigt außerdem die variablen Parameter entsprechend der Tabellen 24 und 25 (Seite 35, 36), die eine anwendungsspezifische Gestaltung der Auslösekurve ermöglichen.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

Leistungsschalter mit elektronischen, fest eingestellten Überlastauslösern und mit einstellbaren, elektronischen, unverzögerten und verzögerten Kurzschlussauslösern
Anlagen-, Kabel-, Selektiv- und Generatorschutz
approbiert nach UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09

Schalter Art C.3

	Einstellbereich			Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlastauslöser (fest eingestellt)	Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	unverzögert I_i [A]	verzögert I_{sd} [A]	85 kA 240 V 35 kA 480 V 25 kA 600 Y/347 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 Y/347 V
150	150	1800	300-1500	*NZM**N**2-VEF150-**NA***	*NZM**H**2-VEF150-**NA***
175	175	2100	350-1750	*NZM**N**2-VEF175-**NA***	*NZM**H**2-VEF175-**NA***
200	200	2400	400-2000	*NZM**N**2-VEF200-**NA***	*NZM**H**2-VEF200-**NA***
225	225	2700	450-2250	*NZM**N**2-VEF225-**NA***	*NZM**H**2-VEF225-**NA***
250	250	3000	500-2500	*NZM**N**2-VEF250-**NA***	*NZM**H**2-VEF250-**NA***
				85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 V
250	250	500-2750	500-2500	*NZM**N**3-VEF250-**NA***	*NZM**H**3-VEF250-**NA***
300	300	600-3300	600-3000	*NZM**N**3-VEF300-**NA***	*NZM**H**3-VEF300-**NA***
350	350	700-3850	700-3500	*NZM**N**3-VEF350-**NA***	*NZM**H**3-VEF350-**NA***
400	400	800-4400	800-4000	*NZM**N**3-VEF400-**NA***	*NZM**H**3-VEF400-**NA***
450	450	900-3600	675-3150	*NZM**N**3-VEF450-**NA***	*NZM**H**3-VEF450-**NA***
500	500	1000-4000	750-3500	*NZM**N**3-VEF500-**NA***	*NZM**H**3-VEF500-**NA***
550	550	1100-4400	835-3850	*NZM**N**3-VEF550-**NA***	*NZM**H**3-VEF550-**NA***
600	600	1200-4800	900-4200	*NZM**N**3-VEF600-**NA***	*NZM**H**3-VEF600-**NA***
				85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	125 kA 240 V 85 kA 480 V 50 kA 600 V
600	600	1200-7200	1200-6000	*NZM**N**4-VEF600-**NA***	*NZM**H**4-VEF600-**NA***
700	700	1400-8400	1400-7000	*NZM**N**4-VEF700-**NA***	*NZM**H**4-VEF700-**NA***
800	800	1600-9600	1600-8000	*NZM**N**4-VEF800-**NA***	*NZM**H**4-VEF800-**NA***
900	900	1800-10800	1800-9000	*NZM**N**4-VEF900-**NA***	*NZM**H**4-VEF900-**NA***
1000	1000	2000-12000	2000-10000	*NZM**N**4-VEF1000-**NA***	*NZM**H**4-VEF1000-**NA***
1200	1200	2400-14400	2400-12000	*NZM**N**4-VEF1200-**NA***	*NZM**H**4-VEF1200-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs (HPL0211)!

Tabelle 21: Universell für den Anlagen-, Kabel-, Selektiv- und Generatorschutz einsetzbare Leistungsschalter mit fest eingestellten Überlastauslösern und verzögerten und unverzögerten Kurzschlussauslösern. Diese Schalter können in Nordamerika nicht für den Motorschutz eingesetzt werden. Die Schalter der Baugröße 2 sind zusätzlich auch als NZM..2-VEF…-BT-NA mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten bestellbar.

DMI kann bei ausreichendem Bedarf approbiert werden). Man kann mit einem Laptop aus dem Schalter auch die Auslösekennlinie des Schalters auslesen, die alle spezifischen Schaltereinstellungen berücksichtigt.

Mit der kostenlosen Software *CurveSelect* von Eaton lassen sich die Auslösekennlinien von mehreren Schutzgeräten in gleichen Maßstäben darstellen, um z. B. die Selektivität einer Anlage zu untersuchen (**Bild 11,** Seite 35). Je mehr Einstellmöglichkeiten ein Leistungsschalter besitzt, umso schwieriger kann es sein, den Schalter optimal einzustellen. Das **Bild 12** und die **Tabelle 25** sollen helfen, die Einstellungen richtig vorzunehmen und die Tabellen weisen auf die Folgen von falschen Einstellungen hin. In der Software *CurveSelect* sind z. Z. die Kennlinien der Leistungsschalter für den Einsatz in Nordamerika noch nicht enthalten. Ersatzweise können die Kurven von gleichartigen IEC-Schaltern verwendet werden.

Art der Stromunterbrechung bei Leistungsschaltern

– Nullpunktlöscher oder Schalter, die den Kurzschlussstrom begrenzen –

Die Kontaktsysteme der Leistungsschalter lassen sich für unterschiedliche Hauptaufgaben optimieren. In den vorhergehenden Kapiteln wurde der selektive Schaltanlagenaufbau mit seiner Aufgabe, die Energieverfügbarkeit in der Anlage zu erhöhen, beschrieben. Für diese Aufgabe benötigt man für die großen Strombereiche, in den oberen Stufen der Selektivitätskaskade (**Bild 8,** Seite 30), Schalter, die so konstruiert wurden, dass ihre Kontakte bei hohen Kurzschlussströmen erst möglichst spät dynamisch abheben (sich ohne äußeren Schaltbefehl öffnen). Hier müssen die Kontaktkräfte (Kräfte, die die Kontakte geschlossen halten) möglichst hoch dimensioniert werden, um den dynamischen Kräften, die durch stromabhängige Magnetfelder im Bereich

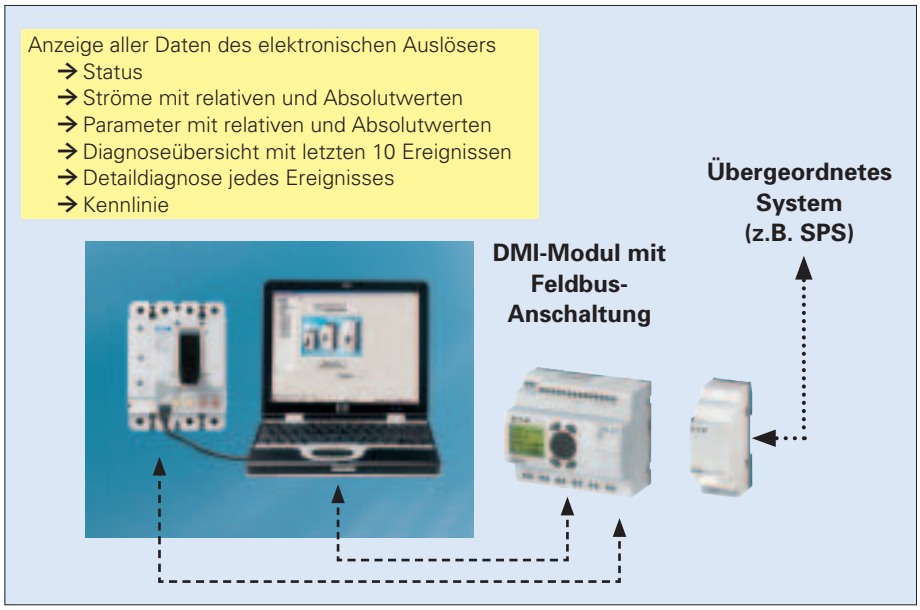


Bild 10: Umfangreiche Informationen lassen sich aus dem integrierten Datenspeicher der Leistungsschalter NZM mit elektronischen Auslösern mit einem Laptop auslesen. Diese Möglichkeit besteht auch bei den für Nordamerika approbierten Schaltern. Zusätzlich kann man in der IEC-Welt die Daten auch mit dem Data Management Interface DMI in die Ferne übertragen.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

Leistungsschalter mit einstellbaren, elektronischen Überlastauslösern,
mit einstellbaren, unverzögerten und verzögerten elektronischen Kurzschlussauslösern
Anlagen-, Kabel-, Selektiv- und Generatorschutz
approbiert nach UL 489 und CSA -C22.2 No. 5-09

Schalter Art D.3

	Einstellbereich			Schalter mit **N**ormalem Schaltvermögen **Typ**	Schalter mit **H**ohem Schaltvermögen **Typ**
	Überlastauslöser	Kurzschlussauslöser		SCCR	SCCR
$I_n = I_u$ [A]	I_r [A]	unverzögert I_i [A]	verzögert I_{sd} [A]	85 kA 240 V 35 kA 480 V 25 kA 600 Y/347 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 Y/347 V
100	50-100	1200	100-1000	*NZM**N**2-VE100-**NA***	*NZM**H**2-VE100-**NA***
160	80-160	1920	160-1600	*NZM**N**2-VE160-**NA***	*NZM**H**2-VE160-**NA***
250	125-250	3000	250-2500	*NZM**N**2-VE250-**NA***	*NZM**H**2-VE250-**NA***
				85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	150 kA 240 V 100 kA 480 V 50 kA 600 V
250	125-250	500-2750	250-2500	*NZM**N**3-VE250-**NA***	*NZM**H**3-VE250-**NA***
400	200-400	800-4400	400-4000	*NZM**N**3-VE400-**NA***	*NZM**H**3-VE400-**NA***
600	300-600	1200-4800	450-4200	*NZM**N**3-VE600-**NA***	*NZM**H**3-VE600-**NA***
				85 kA 240 V 42 kA 480 V 35 kA 600 V	125 kA 240 V 85 kA 480 V 50 kA 600 V
800	400-800	1600-9600	800-8000	*NZM**N**4-VE800-**NA***	*NZM**H**4-VE800-**NA***
1000	500-1000	2000-12000	1000-10000	*NZM**N**4-VE1000-**NA***	*NZM**H**4-VE1000-**NA***
1200	600-1200	2400-14400	1260-12000	*NZM**N**4-VE1200-**NA***	*NZM**H**4-VE1200-**NA***

Verbindlich sind nur Daten des gültigen Hauptkatalogs (HPL0211)!

Tabelle 22: Universell für den Anlagen-, Kabel-, Selektiv- und Generatorschutz einsetzbare Leistungsschalter mit einstellbaren Überlastauslösern und einstellbaren, verzögerten und unverzögerten Kurzschlussauslösern. Diese Schalter können in Nordamerika nicht für den Motorschutz eingesetzt werden. Die Schalter der Baugröße 2 sind zusätzlich auch als NZM..2-VE…-BT-NA mit Hauptstrom-Rahmenklemmen oben und unten bestellbar.

Leistungsschalter für Nordamerika (Inverse Time Circuit Breakers)

maximale Ausstattung mit stromabhängigen Auslösern, universelle Anwendungsbreite

approbiert nach UL 489 und CSA -C22.2 No. 5-09

Schalter Art C.3

Schalter **Typ**	Produktmerkmal	Anwendungsmöglichkeiten	Einstellbereich	Werkseinstellung
NZM..-VEF..-NA	Überlastauslöser, **fest eingestellt**	Anlagenschutz, Kabelschutz	-	typabhängig
	unverzögerter Kurzschlussauslöser, einstellbar	Anlagenschutz, Kabelschutz	baugrößenabhängig 2 ... 8 x I_r 2 ... 11 x I_r 2 ... 12 x I_r	typabhängig 8 x I_r 11 x I_r 12 x I_r
	verzögerter Kurzschlussauslöser, einstellbar	Selektivschutz, Realisierung von Zeitselektivität	baugrößenabhängig 2 ... 10 x I_r 2 ... 11 x I_r Baugröße 2: fest: 12 x I_r	6 x I_r
	Verzögerungszeit t_{sd} des verzögerten Kurzschlussauslösers	Zeitstaffelung bei mehreren Netzebenen	in Stufen 0, 20, 60, 100, 200, 300, 500, 750, 1000 ms	0 ms
	Trägheitsgrad einstellbar	Verschiebung der Überlastauslösekurve	2 ... 20 s bei 6 x I_r	10 s
	schaltbare I^2t-konstant-Funktion	Verbesserung der Selektivität mit vorgeschalteten Schmelzsicherungen		aus, bei Baugröße 2: nicht vorhanden

approbiert nach UL 489 und CSA -C22.2 No. 5-09

Schalter Art D.3

Schalter **Typ**	Produktmerkmal	Anwendungsmöglichkeiten	Einstellbereich	Werkseinstellung
NZM..-VE..-NA	Überlastauslöser, **einstellbar**	Anlagenschutz, Kabelschutz,	0,5 ... 1 x I_n	0,5 x I_n
	unverzögerter Kurzschlussauslöser, einstellbar	Anlagenschutz, Kabelschutz, durch weite Einstellgrenzen Eignung für Generatorschutz	baugrößenabhängig 2 ... 8 x I_r 2 ... 11 x I_r 2 ... 12 x I_r	typabhängig 8 x I_r 11 x I_r 12 x I_r
	verzögerter Kurzschlussauslöser, einstellbar	Realisierung von Zeitselektivität, Unterdrückung von Auswirkungen von Einschaltspitzen	baugrößenabhängig 2 ... 10 x I_r Baugröße 2: fest: 12 x I_r	6 x I_r
	Verzögerungszeit t_{sd} des verzögerten Kurzschlussauslösers	Zeitstaffelung bei mehreren Netzebenen	in Stufen 0, 20, 60, 100, 200, 300, 500, 750, 1000 ms	0 ms
	Trägheitsgrad einstellbar	Verschiebung der Überlastauslösekurve	2 ... 20 s bei 6 x I_r	10 s
	schaltbare I^2t-konstant-Funktion	Verbesserung der Selektivität mit vorgeschalteten Schmelzsicherungen		aus, bei Baugröße 2: nicht vorhanden

Tabelle 23: Zusätzliche Merkmale der Schalter NZM..-VEF..-NA und NZM..-VE..-NA erweitern die Einsatzmöglichkeiten der Leistungsschalter. (Ausstattung: ähnlich wie bei IEC-Schaltern)

der Kontakte nach **Bild 13** (Seite 37) entstehen und die Kontakte öffnen wollen, ausreichend Widerstand zu leisten. Man sieht in **Bild 13**, dass die parallel verlaufenden Strecken sehr kurz sind. Andererseits liegen die Ströme, bei denen der Effekt wirksam wird aber im hohen kA-Bereich und die hohen Ströme gehen zusätzlich quadratisch in die Entwicklung der sich abstoßenden Kräfte ein.

Für das Zuhalten optimierte Kontakte öffnen erst spät und der Strom und seine Lichtbögen werden erst beim nächsten Strom-Nulldurchgang unterbrochen. Daher nennt man Schalter mit derart

konstruierten Kontakten „Nullpunktlöscher“. Prüfkriterium und Kenngröße dieser Schalter ist nach IEC die Höhe der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit I_{cw} oder der 1-Sekunden-Strom. Der Nachteil dieser Kontaktkonstruktion besteht darin, dass über diese Kontakte noch für maximal eine Halbwelle der volle Kurzschlussstrom fließt. Dadurch werden alle nachgeordneten Schaltgeräte, Betriebsmittel, Kabel und Leitungen entsprechend stark belastet. Dieser Nachteil wird jedoch dadurch kompensiert, dass tiefer in der Kaskade und näher am Kurzschlussort strombegrenzende Schalter die Kurzschlussströme schnell abschalten.

Typische Vertreter der Nullpunktlöscher sind die offenen Leistungsschalter *IZM*, die Eaton in Europa ausschließlich ohne amerikanische Approbationen anbietet. Kompakt-Leistungsschalter der Baugröße *NZM4* sind bei Eaton ebenfalls Nullpunktlöscher, weil Schalter mit den für

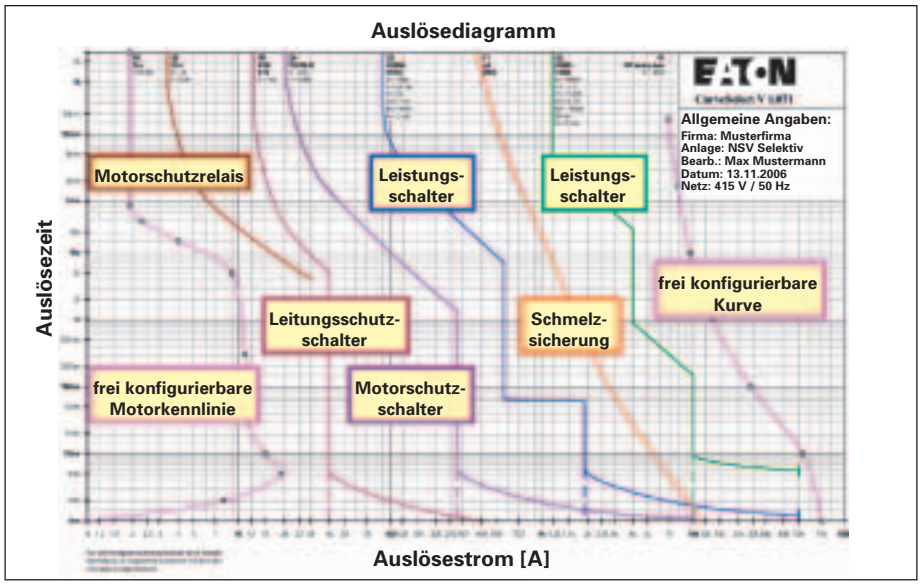


Bild 11: Mit der Software *CurveSelect* von Eaton lassen sich die Auslösekennlinien verschiedenartiger Schutzgeräte in einem einheitlichen Maßstab darstellen und vergleichen. Die Kurven können entsprechend der am Schalter eingestellten Parameter dargestellt werden. Erläuterungen zur Schaltereinstellung und zur Software *CurveSelect,* siehe [15].

Einstellmöglichkeiten bei stromabhängig wirkenden Auslösern bei unterschiedlichen Schutzschaltern

		Die Auslöser können teilweise optional vorhanden sein oder die Angaben gelten nur bei bestimmten Schaltervarianten, siehe gültiger Eaton Hauptkatalog (HPL0211).					
		Elektromechanische Auslöser				Elektronische Auslöser	
Parameter mit Einfluss auf die Auslösekennlinie	Typ Größe	*ZB… 12, 32, 75, 175*	*PKZM… 01, 0, 4*	*PKZ… 2*	*NZM… 1, 2*	*NZM… 2, 3, 4*	*IZM… 20..63*
Einstellwert I_r für Überlastauslöser		variabel	variabel	variabel	variabel	variabel	variabel
					-		
Ansprechwert I_{rm} für unverzögerten Kurzschlussschnellauslöser		-	fest	variabel	fest	-	-
					variabel		
Ansprechwert I_i für unverzögerten Kurzschlussschnellauslöser		-	-	-	-	fest	-
						variabel	variabel
Ansprechwert I_{sd} für verzögerten Kurzschlussstromauslöser		-	-	-	-	variabel	variabel
							-
Motorschutz Auslöseklasse CLASS		fest	fest	fest	fest	variabel	-
Trägheitsgradeinstellung t_r für Überlastauslöser		-	-	-	-	fest	fest
						variabel	variabel
Verzögerungszeit t_{sd} für kurzzeitverzögerten Kurzschlussstromauslöser		-	-	-	-	variabel	variabel
I^2t-konstant-Funktion		-	-	-	-	fest	fest
						variabel	variabel
Phasenausfallempfindlichkeit		fest	fest	-	-	-	-
				fest	fest	fest	fest
Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$		-	-	-	-	variabel	-
Verzögerungszeit t_v für Fehlerstromauslöser		-	-	-	-	variabel	-
Ansprechwert I_g für Erdschlussauslöser		-	-	-	-	variabel	variabel
Verzögerungszeit t_g für Erdschlussauslöser		-	-	-	-	variabel	variabel

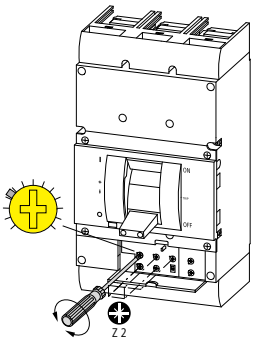
Tabelle 24: Feste und variable Parameter für stromabhängig wirkende Auslöser bei unterschiedlichen Schutzschalterarten.

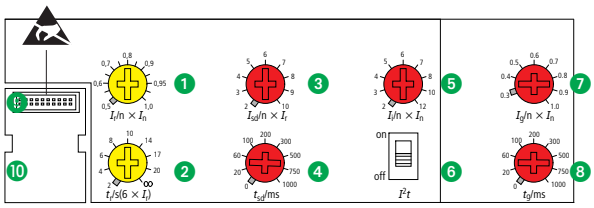
Einstellhilfe für Leistungsschalter NZM in IEC-Ausführung
– typabhängige Bemessungs- und Einstellwerte –

Position im Bild	Wert	Wertebereich	Werkseinstellung	Einstellart	bei Typ	Einfluss auf Auslösekurve	Quelle für Einstellwert	mögliche Fehler
			Vorgegebene Skalierung (Stufen) einhalten!					**→ Achtung!**
								→ Gefährlich!!!
	$I_n = I_u$	siehe Leistungsschild des Schalters, konstruktiver, nicht einstellbarer Bemessungswert			alle	kein Einfluss, Grenzwert für die Schalterauswahl	max. notwendiger Strom der Anwendung	Schalter über- oder
								unterdimensioniert
❶	I_r	0,5-1 x I_n	0,8 x I_n	Stufenschalter	alle, außer Schalter ohne I_r	verschiebt oberen Anfang der Kurve nach rechts	z.B. Motorstrom oder zulässige Kabelbelastbarkeit	Früh- oder
								Spätauslösung
								des Schalters
❷	t_r	2-20 s und ∞ (∞ = ohne Überlastauslöser)	10 s	Stufenschalter	NZM2..4 -ME und -VE	Auslösezeit wird für 6 x Ir angegeben. Wird die Kurve nach oben verschoben, wird die Auslösezeit verlängert, Frühauslösungen werden vermieden, die Auslösezeit darf nicht beliebig verlängert werden. Unbedingt die thermische Belastbarkeit des Betriebsmittels und des gesamten Stromkreises berücksichtigen	zulässige (notwendige) Hochlaufzeit eines Motors	Früh- oder
								Spätauslösung
								des Schalters,
								z.T. Überdimensionierung von Schaltgeräten und Leitungen erforderlich,
								Tabelle mit max. zulässigen Auslöseklassen im Hauptkatalog beachten!
❸	I_{sd}	2-10 x I_r	6 x I_r	Stufenschalter	NZM2..4 -VE	löst beim Erreichen des eingestellten Kurzschlussstromes nach der eingestellten Verzögerungszeit aus	bei Zeitselektivität: unterste Netzebene unverzögert (z.B. PKZM), dann pro Ebene um je eine Einstellungsstufe steigend verzögern	**fehlende Selektivität durch zu geringe Zeitstaffelung.**
❹	t_{sd}	0 –1000 ms	0 ms	Stufenschalter				
❺	I_i	2-14 x I_n oder nicht einstellbar	12 x I_n	Stufenschalter	alle	muss schwächstes Element im Stromkreis vor Zerstörung schützen (Not-Bremse)	Einstellung in Abhängigkeit von der speisenden Kurzschlussleistung und zulässigen Spitzenströmen. Nullungsbedingungen (IEC 60364) beachten	**Motoranlaufstrom soll nicht zu einer Auslösung führen.**
								Wenn zu hoch eingestellt, löst Schalter nicht aus
❻	I^2t	on / off	off	on / off	NZM3..4 -VE	Auslösezeit wird erhöht, in Abhängigkeit von max. zulässigem I2t-Wert des Schalters	Selektivitätsbetrachtung mit folgender Sicherung	**fehlende Selektivität mit Sicherungen**
❼	I_g	0,3-1 x I_u		Stufenschalter	optional bei: NZM3 ..4 -AE,-ME, -VE	kein Einfluss	situativ, vertretbare Werte für den Brand-schutz abschätzen, Zeitstaffelung ermöglicht eine Erdschluss-selektivität	**zu empfindlich, Fehlauslösungen, fehlende Selektivität,**
❽	t_g	0-1000 ms		Stufenschalter				**wenn zu hoch eingestellt**
❾	Überlastmeldung LED „Alarm“ (bei 70 % von I_r Dauerlicht, ab 100 % langsames und ab 120 % schnelles Blinklicht)				NZM2..4 -AE,-ME, -VE	kein Einfluss	–	**Frühwarnung vor Auslösung wird nicht beachtet**
❿	Datenschnittstelle für Laptop oder Data Management Interface DMI				NZM2..4 -AE,-ME, -VE	ermöglicht zusätzlich Parametrierung	siehe oben Hinweise für parametrierbare Werte	siehe oben,
								Hinweise zu parametrierbaren Werten

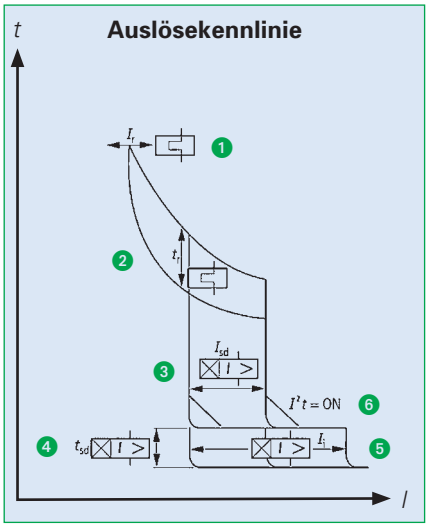
Tabelle 25: Grundsätzliche Darstellung am Beispiel des NZM 4, im Einzelfall können Details und Wertebereiche abweichen. Siehe gültigen Hauptkatalog. Besonderheiten bei 4-poligen Schaltern und in IT-Netzen beachten.

Kleine Einstellhilfe
– Hinweise um Fehler zu vermeiden –





Hinweis: Bei einfachen Schutzgeräten sind nicht alle Parameter vorhanden oder sie sind nicht einstellbar.



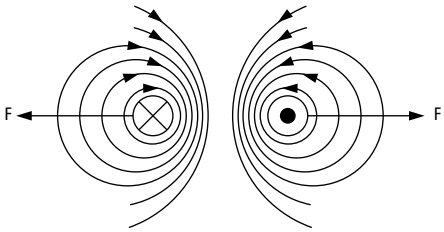
Die Abbildung zeigt die Einflussrichtung der einstellbaren Parameter.

Einstellbare Parameter:

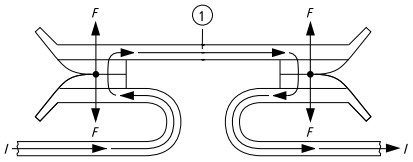
1. Überlastauslöser I_r
2. Trägheitsgradeinstellung t_r
3. Verzögerter Kurzschlussschnellauslöser I_{sd}
4. Verzögerungszeit t_{sd} (bezogen auf I_{sd})
5. Unverzögerter Kurzschlussschnellauslöser I_i
6. I^2t-Einstellung On/Off
7. Erdschlussschutz I_g (optional)
8. Verzögerungszeit Erdschlussauslöser t_g
9. LED Überlastwarnung bei I_r 70 / 100 / 120%
10. Datenschnittstelle

Bild 12: Darstellung der Einstellorgane von Leistungsschaltern am Beispiel des NZM4 mit elektronischen Auslösern. Nicht alle Leistungsschalterbaugrößen und Schaltervarianten verfügen über alle gezeigten Einstellmöglichkeiten. Die Auswirkungen der Verstellung der Parameter werden in der Tabelle 25 (Seite 36) dargestellt

Schaltgeräte mit strombegrenzender Wirkung. Wie wirkt die Strombegrenzung?



Um stromdurchflossene Leiter bilden sich Kraftfelder, die sich bei einer Stromschleife mit entgegengesetzter Stromflussrichtung abstoßen. Dieser dynamische, physikalische Effekt wird bei strombegrenzenden Schaltgeräten genutzt.



Prinzipdarstellung eines strombegrenzenden Kontaktsystems. Die abstoßende Kraft ist etwa F ~ I².
① = bewegliches Schaltstück

Bild 13: Parallele, vom Strom durchflossene Leiter erzeugen abstoßende Kräfte. Bei hohen Kurzschlussströmen führt dieser Effekt zu dynamischen Abhebungen (Öffnen der Kontakte ohne Schaltbefehl).

diese Baugröße typischen Stromstärken überwiegend in der Energieverteilung mit Anforderungen an eine Selektivität eingesetzt werden und weniger für den Betriebsmittelschutz von Motoren und andere Lastarten. Aufgrund dieses Konstruktionsprinzips können Leistungsschalter der Baugröße 4 keine strombegrenzenden Schalter sein, über die später im Zusammenhang mit dem *Short Circuit Current Rating (SCCR)* geschrieben wird.

Die Alternative zum Nullpunktlöscher sind Schalter mit strombegrenzenden Kontakten, die konstruktiv für ein sehr schnelles Öffnen optimiert werden. Diese Kontakte müssen möglichst leicht und mit relativ geringen Kontaktkräften ausgestattet sein, um bei ausreichend hohen Kurzschlussströmen möglichst schnell dynamisch (ohne Schaltbefehl, möglichst zeitgleich mit dem Ansprechen der Kurzschlussauslöser) öffnen zu können. In der optimalen Abstimmung der Kraftverhältnisse liegt das besondere Know-how der Leistungsschalter-Entwickler.

Die beschriebenen Merkmale erreicht man neuerdings besonders gut mit Rotationskontakten, entsprechend **Bild 14**. Nach den vorhergehenden Erläuterungen eignen sich die Schalter in einem selektiven Netz nur für den Einsatz auf den unteren Netzebenen. Auf höheren

Schaltgeräte mit Strom begrenzender Wirkung.
Konstruktive Lösung bei Schaltern mit Rotationskontakten (z.B. NZM2)

Bild 14: Beim Rotationskontakt werden die abstoßenden Magnetfelder genutzt, um den Schaltvorgang zu beschleunigen und um so zu einer hohen Strombegrenzung zu kommen.

Netzebenen kann man als Alternative zu den beschriebenen Nullpunktlöschern auch zeitverzögerte Schalter einsetzen, um so eine *Zeitselektivität* zu erreichen. Man verzögert dann die Schalter von Ebene zu Ebene um mindestens 50 ms. Durch die Zeitverzögerung können bei diesem Netzaufbau auch strombegrenzende Schalter eingesetzt werden. In der IEC-Welt und speziell bei Eaton ist der Begriff der „Strombegrenzung" immer mit besonderen Kontaktkonstruktionen verbunden.

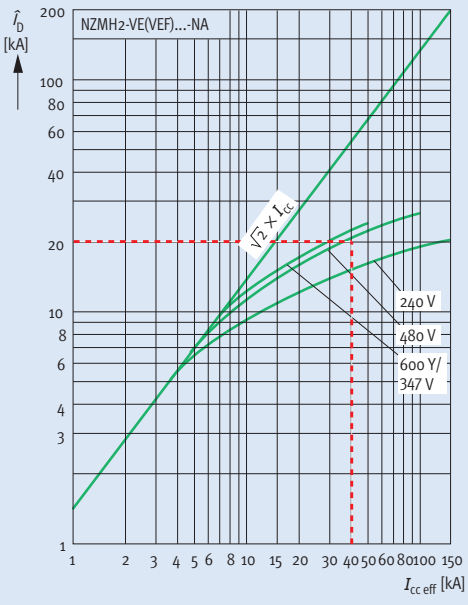
In den nordamerikanischen Standards wird für die Strombegrenzung *(Current Limiting)* nicht unbedingt eine besondere Kontaktkonstruktion verlangt. Die Strombegrenzung wird durch Prüfungen mit jeweils einem kleinen, mittleren und hohen Kurzschlussstrom *(Threshold Current, Intermediate Current, High Interrupting Capacity)* nachgewiesen. Der Schalter gilt dann als strombegrenzend, wenn er die Kurzschlussströme innerhalb von einer halben Halbwelle unterbricht und dabei eine Durchlassenergie I^2t auftritt, die kleiner ist, als die in einer Halbwelle bei dem Strom maximal mögliche Energie. Eine Halbwelle ist schon eine relativ lange Unterbrechungszeit (Reaktionszeit) für einen guten Strombegrenzer. Bei Schaltern von Eaton unterstützen aber die besonderen Kontaktkonstruktionen günstige Ergebnisse.

Als geschichtliche Bemerkung sei darauf hingewiesen, dass Eaton/Moeller 1971 der erste Hersteller war, der einen schmelzsicherungslosen, strombegrenzenden Leistungsschalter in Nordamerika vorstellte. Es war der Typ NZMH9 bis 250 A, der über Repulsionskontakte verfügte, die bis heute die vorherrschende Technologie darstellen. Obwohl der Schalter bei UL und CSA approbiert war, gab es damals bei UL noch keine Definition für „strombegrenzende" Leistungsschalter. Die Definition folgte erst in den späten 70er Jahren. Eaton kann daher in Nordamerika als Pionier für strombegrenzende Leistungsschalter angesehen werden.

Die Durchlassenergie setzt sich zusammen aus der Energie, die während der Auslösezeit durchgelassen wird, sowie der Energie, die noch bis zum Verlöschen der Lichtbögen durchgelassen wird. Entsprechend reduziert ist auch der Durchlassstrom $\hat{I}_D$ (**Bild 15**). Die Durchlassenergie (**Bild 16**) und der Durchlassstrom werden für die einzelnen Schalterbaugrößen, Spannungen und Schaltvermögen in Diagrammen und Tabellen im Eaton Hauptkatalog (HPL0211) veröffentlicht. Man geht bei den Prüfungen immer von symmetrischen 3-poligen Kurzschlüssen aus. Symmetrische, 3-polige, satte Kurzschlüsse kommen in der Praxis aber relativ selten vor. Unter satten Kurzschlüssen versteht man metallische Kurzschlüsse ohne nennenswerte (Übergangs-)Widerstände. In der Praxis trifft man 1-polige Erdschlüsse oder 2-polige Kurzschlüsse an, die z. T. stark widerstandsbehaftet sind, z. B. durch Lichtbögen.

Die tatsächlich fließenden Kurzschlussströme sind in der Praxis also meistens geringer, als die theoretisch ermittelten Werte. Zusätzlich dämpfen normalerweise die Induktivitäten der Transformatoren, Kabel und Leitungen die tatsächlich auftretenden Kurzschlussströme. So ergibt sich in der Praxis eine zusätzliche, aber nicht quantifizierbare Sicherheit. Für IEC-Schalter einerseits und für Schalter für den nordamerikanischen Markt andererseits ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Prüfbedingungen und der unterschiedlichen relevanten Spannungen unterschiedliche Werte.

Bei der Ermittlung der Kurzschlussfestigkeit *SCCR* von *Industrial Control Panels* (UL 508A und NFPA 79) spielt die Verwendung der strombegrenzenden Schalter eine besondere Rolle, weil die nachgeordneten Schalt- und Schutzgeräte nur noch mit dem geringeren Durchlassstrom des strombegrenzenden Schalters oder der strombegrenzenden Schmelz-



Kennlinien zur Ermittlung von Durchlassströmen bei Leistungsschaltern *NZM2* mit dem Ausschaltvermögen H = Hoch.

Es wird im Beispiel von einem Kurzschlussstrom I_{cc} von 40 kA eff. an der Einbaustelle ausgegangen.

Der Durchlassstrom im 480-V-Netz beträgt dann 20 kA peak.

Alle Komponenten hinter diesem Schalter müssen dann Kurzschlussströme von 20 kA beherrschen können.

Bild 15: Die Kennlinie für den Durchlassstrom zeigt die Wirkung der Strombegrenzung. Von einem möglichen Kurzschlussstrom I_{cc} von 40 kA werden im Beispiel maximal 20 kA durchgelassen. Bitte beachten: I_{cc} wird als Effektivwert dargestellt, $\hat{I}_D$ wird als Spitzenwert, Peak, dargestellt. Die Strombegrenzung ist von der Höhe der Spannung abhängig.

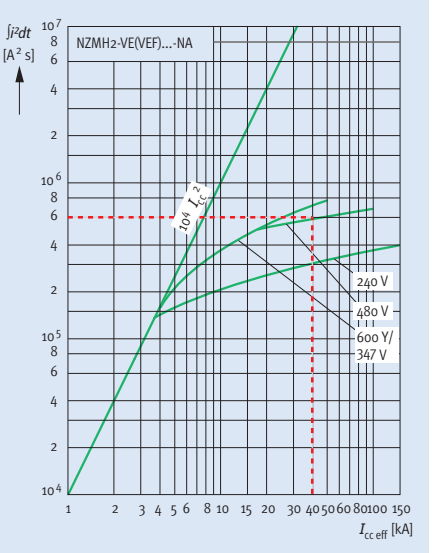


Bild 16: Das Bild zeigt die Kurvendarstellung der Durchlassenergie des strombegrenzenden Schalters aus Bild 15. Bei einem I_{cc} von 40 kA eff beträgt die Durchlassenergie 6 x 10^5 A²s.

Approbation der amerikanischen Strombegrenzungsfunktion „Current Limiting“ z.B. für die Ermittlung des „Panel Short Circuit Current Rating“ nach UL 508A SB				
Schaltvermögen	***NZM..1-NA***	***NZM..2-NA ****	***NZM..3-NA *****	***NZM..4-NA***
B	*Current Limiting* ✓	*Thermomagnetischer Auslöser* *Current Limiting* ✓ *Elektronischer Auslöser* *Current Limiting* ✓	Dieses Schaltvermögen ist nicht im Sortiment vorgesehen.	Dieses Schaltver-mögen ist nicht im Sortiment vorgesehen.
C	nicht approbiert	nicht approbiert	nicht approbiert	nicht approbiert
N	*Current Limiting* ✓	*Thermomagnetischer Auslöser* *Current Limiting* ✓ *Elektronischer Auslöser* *Current Limiting* ✓	*Current Limiting* ✓	Current Limiting nicht möglich, da Nullpunkt-löscher
H	Dieses Schaltvermögen ist nicht im Sortiment vorgesehen.	*Current Limiting* ✓	*Current Limiting* ✓	Current Limiting nicht möglich, da Nullpunkt-löscher

* Ausnahme: NZM..2-ME..-NA sind nicht für Current Limiting approbiert.
** Schalter mit Thermomagnetischen Auslösern werden nicht approbiert.
Schalter ohne Überlastauslöser besitzen kein eigenes Schaltvermögen, daher können sie nicht als strombegrenzende Schalter approbiert werden.
Current Limiting ✓ = Die Current Limiting-Funktion ist bereits im Report aufgeführt.

Tabelle 26: Strombegrenzende Schalter spielen eine besondere Rolle bei der Ermittlung des Short Circuit Current Ratings (SCCR) für Industrial Control Panels nach UL 508A. Der NZM4 wird häufig in selektiven Schaltanlagen auf der obersten Ebene eingesetzt. Diese Schalter sollen möglichst lange geschlossen bleiben. Daher wurde er als Nullpunktlöscher mit starken Zuhaltekräften entwickelt.

sicherung belastet werden [16]. Dieser physikalische Effekt wird, wie später beschrieben, aber nur z. T. bei der *SCCR*-Ermittlung berücksichtigt. Der Einbau von strombegrenzenden Schaltern ist eine zulässige Methode nach UL 508A Supplement SB, um das *SCCR* einer Schaltanlage zu verbessern. Die **Tabelle 26** zeigt, welche Leistungsschalter von Eaton über strombegrenzende Eigenschaften verfügen. Strombegrenzende Leistungsschalter müssen auf ihrem Leistungsschild als strombegrenzend gekennzeichnet sein *(Current Limiting)* und ihre Durchlasswerte müssen veröffentlicht werden.

Strombegrenzende Leistungsschalter im *Industrial Control Panel* nach UL 508A

Wie am Ende des vorhergehenden Kapitels angedeutet, spielen der strombegrenzende Leistungsschalter, wie auch die strombegrenzende Schmelzsicherung, eine besondere Rolle bei der Ermittlung des *Overall Short Circuit Current Ratings (SCCR)*, oder des *Panel Short Circuit Current Ratings* von *Industrial Control Panels* nach UL 508A. *Industrial Control Panels* sind z. B. Maschinen-Schaltschränke, wobei die nordamerikanische Definition von Maschinen mit der Definition in der IEC/EN 60 204-1 (elektrische Ausrüstung von Maschinen) vergleichbar ist.

Es sind zwei Aspekte zu beachten. Der erste, sehr positive Aspekt ist, dass man (teilweise) davon ausgeht, dass die Schalt- und Schutzgeräte hinter diesem, im Feeder Circuit angeordneten, strombegrenzenden Schalter nur noch mit dem Durchlassstrom dieses Schalters beansprucht werden. Das ist physikalisch richtig. Als Beispiel: ein strombegrenzender Leistungsschalter, z. B. der Hauptschalter, reduziert einen möglichen Kurzschlussstrom von 30 kA auf einen Durchlassstrom von lediglich 10 kA, dann reicht für alle nachgeordneten Geräte eine Kurzschlussfestigkeit von ≥ 10 kA aus. Das Wort „teilweise“ bezieht sich auf den zweiten Aspekt. Dieser zweite Aspekt macht die Schaltanlage unnötig teuer, weil gleichzeitig für alle *Branch Circuit Protective Devices (BCPDs)* (Abgangsschutzorgane), die ebenfalls hinter dem strombegrenzenden Schutzorgan angeordnet sind, mindestens das gleiche Schaltvermögen, wie für das vorgeschaltete, strombegrenzende Schutzorgan verlangt wird, um dessen Schaltvermögen als das SCCR für den ganzen Schrank nutzen zu können.

Die *BCPDs* werden nach dieser Norm also *nicht* nach dem geringeren Durchlassstrom dimensioniert und somit überdimensioniert. Dieser Teil der Vorschrift ist physikalisch fragwürdig und die Verfasser der Norm sollten ihn noch einmal überdenken. Wenn die BCPDs nicht das gleiche Schaltvermögen, wie der strombegrenzende Schalter besitzen, muss man die einzelnen Abzweige analysieren und den schwächsten Abzweig ermitteln. Ein strombegrenzender Schalter in der Einspeisung ist nicht automatisch für jeden Schaltschrank die günstigste Lösung. Sitzt hinter dem *BCPD* (Leistungsschalter oder *UL 508 Type E-Device*) ein Schütz und beide Geräte bilden zusammen einen Motorstarter, wird das *SCCR* für diesen Motorstarter höher sein, als für das Schütz alleine. Das kommt daher, dass sich die beiden Kontaktapparate von *BCPD* und Schütz beim Unterbrechen eines Kurzschlussstromes und der an den Kontakten entstehenden Lichtbögen gegenseitig unterstützen. Jede Kombination eines Motorstarters aus BCPD und Schütz muss geprüft werden um die optimalen Ergebnisse nachzuweisen. Daraus ergibt sich mehr oder weniger zwangsläufig die Notwendigkeit, dass beide Geräte von dem gleichen Hersteller stammen, um die maximale Kurzschlussfestigkeit nachweisen zu können.

An dieser Stelle kommt noch ein weiterer, wichtiger Gesichtspunkt zum Tragen. Im *Industrial Control Panel* nach UL 508A und NFPA 79 muss jeder Leistungsschalter das erforderliche Schaltvermögen alleine bereitstellen. Es ist bei diesen Anwendungen nicht erlaubt, das Schaltvermögen eines Leistungsschalters nach UL 489 durch die Reihenschaltung mit einem weiteren Vorschaltschutzorgan, z. B. einem Gruppenschutzorgan, zu erhöhen. So lassen sich z. B. Miniatur-Leistungsschalter *FAZ…-NA* (Leistungsschalter nach UL 489) mit einem Schalt-

vermögen von 10 kA *nicht* hinter einem strombegrenzenden Leistungsschalter oder einer Schmelzsicherung mit einem höheren Schaltvermögen und mit einem Durchlassstrom von ≤ 10 kA einsetzen, mit dem Ziel die Kurzschlussfestigkeit z. B. auf 20 kA zu erhöhen. Die Kombination ist praktisch möglich, aber das *SCCR* des *FAZ-NA* bleibt unverändert bei 10 kA und es ist mit diesem Wert in der Ermittlung des Gesamt-*SCCR* des Schaltschrankes zu berücksichtigen.

Diese Regelung ist für viele Anwender unverständlich, weil man in der IEC-Welt eine derartige Reihenschaltung als Back-up-Schutz (Kaskadierung) bezeichnet und sie erfolgreich realisiert. Diese Kaskadierung ist in anderen nordamerikanischen *Schaltanlagenarten* für das *Distribution Equipment (Switchboards, Panelboards)* zulässig, bekannt und ebenfalls bewährt. Auch diese Einschränkung bei den *Industrial Control Panels* erscheint für Anwender außerhalb Nordamerikas als willkürlich und veränderungswürdig.

Lasttrennschalter *N* oder *Molded Case Switches NS*

Lasttrennschalter erfüllen in der offenen Stellung alle Anforderungen an die Trennfunktion. Sie werden für die galvanische Trennung elektrischer Schaltanlagen von jeglichen Spannungsquellen, als Hauptschalter oder Netztrenneinrichtungen *(Disconnecting Means)* eingesetzt. Lasttrennschalter *NS* wurden nach der UL 489 entwickelt und approbiert. *Molded Case Switches* von Eaton sind *Listed Components*.Unter bestimmten Umständen, bei entsprechender Kennzeichnung und Ausstattung, können diese Schalter auch gleichzeitig oder ausschließlich die Funktion einer Hauptstrom-NOT-AUS-Einrichtung im Sinne der IEC/EN 60 204-1 [7] übernehmen.

Hinweis: An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass es nicht immer die sicherste Lösung ist, im Gefahrenfall den Hauptschalter auszuschalten, da dadurch unter Umständen weitere, andersartige Gefährdungen auftreten können. Es wird in der Norm aber ausdrücklich verlangt, dass durch eine NOT-AUS-Maßnahme keine anderen Gefahren entstehen dürfen. Es kann erforderlich sein, dass Antriebe runter gefahren oder sogar reversiert werden müssen oder z. B. elektromagnetische Werkstückhalterungen dürfen ihre Wirkung nicht verlieren. Daher kann es günstiger sein, dass NOT-AUS-Einrichtungen nur auf den Steuerstromkreis wirken. In der Rangfolge von Sicherheitsmaßnahmen erscheint NOT-AUS erst an letzter Stelle und lediglich als eine zusätzliche Maßnahme. Vorrangig sind Sicherheitsprobleme immer konstruktiv zu lösen. Es sind die Stopp-Kategorien zu beachten und es sind unter Umständen Not-Halt-Einrichtungen einzusetzen.

Auch wenn die Hauptschalter über Unterspannungs- oder Arbeitsstromauslöser in die elektrische Überwachung/ Verriegelung von Schaltschranktüren integriert werden, gelten die beschriebenen, übergeordneten Sicherheitsgesichtspunkte zur Vermeidung zusätzlicher Gefahren. Die Berücksichtigung der Sicherheitsgesichtspunkte der IEC/EN 60 204-1 wird in Nordamerika sehr begrüßt und die nordamerikanische Norm NFPA 79 wurde in der Ausgabe 2007 mit der internationalen Norm harmonisiert. Neben der Präzision der Maschinen ist das hohe Sicherheitsniveau entsprechend der IEC/EN 60 204-1 sicherlich mit ein wesentlicher Grund, weshalb so viele europäische Maschinen und Anlagen nach Nordamerika exportiert werden.

IEC-Lasttrennschalter werden seit vielen Jahren nach der Norm IEC/ EN 60 947 Teil 3 [11] entwickelt, gebaut und geprüft. Nach dieser Norm können *IEC-Lasttrennschalter grundsätzlich keinerlei stromabhängig wirkende Auslöser* besitzen. Daher besitzen sie auch kein eigenes Kurzschluss**aus**schaltvermögen. Sie müssen selbst immer, z. B. durch ein Schutzorgan in der Zuleitung, gegen eine Zerstörung durch Kurzschlussströme geschützt werden. Typisch für Lasttrennschalter ist die Angabe einer Bemessungskurzzeitstromfestigkeit I_{cw} von mindestens 12 x I_u für 1 Sekunde.

Die *Lasttrenn*schalter unterscheiden sich nach IEC-Normen von den einfacheren *Trenn*schaltern dadurch, dass sie ein definiertes Bemessungsein- und -ausschaltvermögen (Motorschaltvermögen) aufweisen und dass sie, je nach Gebrauchskategorie, einzelne Motoren bis zum angegebenen Schaltvermögen sicher ein- und ausschalten können. Ein angegebenes Bemessungs**ein**schaltvermögen I_{cm} ermöglicht im Störungsfall das Draufschalten auf einen bestehenden Kurzschluss. Die hauptsächliche, betriebsmäßige Beanspruchung der Lasttrennschalter liegt in der Dauerstromführung bis zur Höhe ihres Bemessungsdauerstromes I_u. Diese Beschreibungen der IEC-Situation zeigen, dass es sich hier um sehr hochwertige Schalter handelt.

Die Aussagen zu den grundsätzlichen Anwendungsmöglichkeiten gelten, bis auf das erwähnte Motorschaltvermögen, auch für Nordamerika. Auch dort wird ein Einspeiseschalter immer von einer vorgelagerten Verteilung aus mit Energie versorgt. Auch diese Verbindungsleitung muss immer gegen Überlast und Kurzschluss geschützt werden. Hierzu sind im Abgang der Verteilung entweder Leistungsschalter nach UL 489 oder Sicherungen nach UL 248 vorgesehen, die bei optimaler Dimensionierung gleichzeitig den Kurzschlussschutz für den Lasttrennschalter in der Maschinen-Einspeisung übernehmen. Zwischen der Absicherung der Zuleitung im Abgangsverteiler und dem Einspeiseschalter dürfen außerhalb des Schaltschrankes *(Industrial Control Panel)* weitere strombegrenzende Schutzorgane eingebaut werden, um mögliche Kurzschlussströme bis unterhalb des *SCCR*s des eingespeisten Schaltschrankes zu reduzieren. Dies ist eine Möglichkeit, um eine Differenz zwischen der Höhe der möglichen Kurzschlussströme und dem SCCR einer Maschinensteuerung zu beseitigen.

In Nordamerika werden *Molded Case Switches* nach ihrem Nennstrom ausgewählt und sie werden hauptsächlich als Trennschalter für alle Arten von Stromkreisen, sowohl im *Feeder*, als auch in *Branch Circuits*, eingesetzt. *Molded Case Switches* von Eaton enthalten viele Konstruktionsmerkmale der Leistungsschalter *(Molded Case Circuit Breakers)*, was sie zu idealen Hauptschaltern für die Einspeisung projektierter Schaltanlagen, wie z. B. *Industrial Control Panels* macht. Sie sind sowohl in Stromkreisen mit motorischer, als auch mit nicht-motorischer Last einsetzbar, weil sie die Möglichkeit bieten, den hohen Strom eines Motors mit festgebremsten Läufer ein- und auszuschalten (Motorschaltvermögen). Weil diese Schalter bei Eaton aus der Konstruktion der Leistungsschalter abgeleitet werden, verfügen sie über ein hohes Kurzschlussschaltvermögen, was gut zu den relativ hohen Kurzschlussströmen passt, die an ihren Einbaustellen auftreten können.

Als handbetätigte Schalter, ohne automatische Auslösefunktionen, bieten sie keinerlei Schutzfunktionen für Stromkreise in denen sie eingesetzt werden. Allerdings besitzen sie ein charakteristisches Merkmal, welches sie deutlich von vergleichbaren IEC-Produkten (z. B. Lasttrennschaltern) unterscheidet. Die nordamerikanischen *Molded Case Switches*, bei Eaton die Produktreihe *NS*, verfügen über Kurzschlussstromauslöser, die ausschließlich den Eigenschutz der Schalter bei hohen Kurzschlussströmen sicherstellen. Diese Kurzschlussschnellauslöser lassen IEC und EN bei Lasttrennschaltern grundsätzlich nicht zu [17].

Die Exporteure europäischer Maschinenausrüstungen haben wichtige Vorteile durch die, in die *Molded Case Switches* integrierten Auslösern. Wieso? Die Hauptargumente sind:

- Der integrierte Selbstschutz versieht die Schalter mit sehr hohen *Short Circuit Current Ratings (SCCR)*, die, wie bereits beschrieben, einen entscheidenden Aspekt in den heutigen, nordamerikanischen Installationsregeln darstellen.
- Der integrierte Selbstschutz garantiert, dass die Schalter Kurzschlussprüfungen nach dem Produkt-Standard UL 489 erfolgreich bestanden haben, zusätzlich und unabhängig von der Art des Kurzschlussschutzorgans im einspeisenden Stromkreis (Sicherung oder Leistungsschalter). Das bedeutet, dass der Exporteur sich weder mit einschränkenden Warnhinweisen, wie „*Fuse or Breaker only*", am Schalter, noch mit der Frage belasten muss, welche Art von Schutzorgan den Stromkreis zur Einspeisung des Control Panels schützt.

Insgesamt stellt die Entscheidung für den Einsatz von *Molded Case Switches NS* als Einspeiseschalter für Maschinenexporteure eine sehr vorteilhafte Lösung dar.

Um in den Schaltanlagen in der IEC-Welt mit einem Schalter mit integrierten Schnellauslösern die gleichen Vorteile wie in Nordamerika erzielen zu können, musste man den neuen *Molded Case Switch* ***NS..-..-NA*** (**Schalter Art A**) zunächst nach der ebenfalls überarbeiteten IEC/EN 60 947-2, Anhang L [10], als *„Leistungsschalter ohne Überlastauslöser CBI-X"* entwickeln, statt als Lasttrennschalter nach IEC/EN 60 947-3. Denn Kurzschlussschnellauslöser bleiben im überwiegenden Teil der Welt weiterhin ausschließlich den *Leistungsschaltern* vorbehalten. So kann der *Molded Case Switch* ***NS..-..-NA*** als Weltmarktgerät bei Bedarf auch in der IEC-Welt als Leistungsschalter die Funktionen eines höherwertigen Lasttrennschalters übernehmen. Die Schalter verfügen auch über IEC-Daten und sie sind mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet.

Die *Molded Case Switches* schützen sich als Trenner nach nordamerikanischen Gesichtspunkten, ausschließlich selbst gegen die Folgen von Kurzschlussströmen bis zu der in **Tabelle 11** (Seite 17) angegebenen Höhe. Die integrierten Kurzschlussauslöser dienen lediglich dem Schalterselbstschutz und nicht dem Schutz nachgeordneter Betriebsmittel. Nach IEC sind es Leistungsschalter ohne Überlastschutz, d. h. sie können nach IEC auch für nachgeordnete Betriebsmittel einen Kurzschlussschutz bieten.

Beim Einsatz der *Molded Case Switches* mit ihrer hohen Kurzschlussfestigkeit, die Eaton entsprechend **Tabelle 11** (Seite 17) ermittelt hat, ergibt sich eine wesentlich höhere Planungsfreiheit. Bis zu diesen maximalen Strömen sind keine weiteren Überlegungen bezüglich des Vorschaltschutzorgans im Abgangsverteiler notwendig. In der Praxis ist immer ein Schutzorgan vorhanden, weil die Zuleitung gegen Kurzschluss und Überlast geschützt werden muss. Der örtliche Installateur muss es entsprechend der jeweiligen Situation richtig auswählen. Nach den neuesten Gesichtspunkten, die sich aus der Untersuchung des *Short Circuit Current Ratings (SCCR)* für *Industrial Control Panels* ergeben, wird er allerdings in vielen Fällen statt der hohen Kurzschlussfestigkeit des *Molded Case Switch* ein niedrigeres *SCCR* des kompletten Schaltschrankes berücksichtigen müssen. Angaben zu dem *SCCR* des gesamten Schaltschrankes findet er auf dem Leistungsschild des Schaltschranks.

Der Projekteur hat für die Dimensionierung des von ihm in die Maschinenschaltanlage einzubauenden *Switch* verschiedene Möglichkeiten:

- Er erfragt beim Betreiber der Maschine nur noch, mit welcher Höhe der Kurzschlussströme am Aufstellungsort zu rechnen ist und wählt dann nach **Tabelle 11** (Seite 17) den geeigneten *Molded Case Switch* aus.
- Wenn der Exporteur den möglichen Kurzschlussstrom nicht ermitteln kann oder der spätere Maschinenbetreiber nicht bekannt ist oder der Exporteur mit einer ausreichenden Reserve arbeiten will, wählt er beispielsweise statt eines *NS1* für 35 kA/480 Y/277 V von vornherein einen *NS2* für 100 kA/480 V aus, der wohl immer ausreichend dimensioniert sein wird. Dieser sehr hohe Kurzschlussstrom wird in der Praxis sehr selten überschritten, da durch die Kabel oder Leitungen zwischen dem Hauptverteiler und dem Hauptschalter des Schaltschrankes zusätzlich eine Dämpfung des Kurzschlussstromes im Stromkreis erfolgt.

Der nordamerikanische Installateur, der die Maschine anschließt, wählt für den Einbau in den vorgeschalteten Verteiler ein Schutzorgan und Leitungen für den *Feeder* bis zur Schaltschrankeinspeisung aus, die zur Kurzschlussfestigkeit des Schaltschranks und des Einspeiseschalters passen. Dieses Schutzorgan muss er mindestens für den tatsächlich auftretenden Kurzschlussstrom, z. B. für 50 kA/480 V, auswählen.

Wegen des *SCCRs* der *Industrial Control Panels* wird man in der Praxis zukünftig öfter statt eines *Molded Case Switch NS* einen strombegrenzenden Leistungsschalter *NZM* als Hauptschalter einsetzen, weil dieser durch seine Strombegrenzung in vielen Fällen das *SCCR* des *Industrial Control Panels* nach UL 508A, Supplement SB, erhöhen kann.

Hinweis: Ähnlich aufgebaut wie der *Molded Case Switch*, ist der in Nordamerika sehr häufig eingesetzte *Instantaneous Trip Circuit Breaker*, der ebenfalls keine Überlastauslöser, aber *einstellbare* Kurzschlussstromauslöser besitzt. Der *Instantanenous Trip Circuit Breaker* (Leistungsschalter) ist eine *Recognized Component* und muss **immer** mit Motorschutzrelais und Schützen zu Motorstartern kombiniert werden.

Vorteile von Leistungsschaltern gegenüber Schmelzsicherungen in nordamerikanischen *Feeder* und *Branch Circuits*

Grundsätzlich sind in Nordamerika für viele Schutzfunktionen, z. B. im *Feeder* oder als *Branch Circuit Protective Devices* in Laststromkreisen mit nicht-motorischer Last, ausschließlich Schmelzsicherungen nach UL 248 oder Leistungsschalter nach UL 489 zugelassen. Typische IEC-Schaltgeräte, wie Motorschutzschalter oder Leitungsschutzschalter (UL 1077) scheiden für diese Anwendungen nach den nordamerikanischen Standards grundsätzlich aus. In Nordamerika werden heute noch sehr viele Schmelzsicherungen eingesetzt. Eine schmelzsicherungslose Projektierung mit Motorschutzschaltern *PKZM* (in den Sonderformen *UL 508 Type E* oder *UL 508 Type F* für Motorabgänge) oder mit Leistungsschaltern *NZM* bietet gegenüber dem Einsatz von Schmelzsicherungen verschiedene technische und ökonomische Vorteile:

- Platzersparnis, da die Sicherungsunterteile für nordamerikanische Sicherungen sehr groß sind und in Steuerungen viel Platz einnehmen. Die Proportionen der Sicherungsunterteile stehen in einem ungünstigen geometrischen Verhältnis zu der Größe der Schütze und Motorschutzrelais.
- Die Leistungsschalter *NZM…-NA* und die *PKZM..-..+ BK.. (UL 508 Type E)* beinhalten jeweils in einem Gerät die Funktionen Trennen und Abschließen des Stromkreises, den Kurzschluss- und Überlastschutz und sie ermöglichen das betriebsmäßige Schalten. Trotzdem sind sie wesentlich preiswerter und kleiner als die Kombinationen

aus Sicherungsunterteil + Sicherungen + Schütz + Überlastrelais. Leistungsschalter trennen allpolig, sind abschließbar und sie ermöglichen eine kürzere Wiederbereitschaftszeit für die Betriebsmittel nach Störungen.

- Die Leistungsschalter von Eaton ermöglichen mit verschiedenen Hilfsschaltern oder mit den elektronischen Auslösern eine differenzierte Fernmeldung der Auslöseursache wegen Kurzschluss oder Überlast. Die Leistungsschalter können platzsparend und preiswert mit Spannungsauslösern Zusatzfunktionen, wie NOT-AUS-Abschaltungen oder den Schutz gegen selbsttätigen Wiederanlauf, übernehmen.
- Die Schalter können exakt auf die jeweiligen Stromverhältnisse eingestellt werden und kurzzeitige Stromeffekte (Einschaltspitzenströme) können für definierte Zeiten ausgeblendet bzw. überbrückt werden.
- Bewährte Schmelzsicherungen nach IEC-Normen werden in Nordamerika nicht akzeptiert.
- Eine mögliche Gefährdung des Personals (Verbrennungen und Verblendungen durch Störlichtbögen, Ziehen von Sicherungen unter Last, elektrischen Schlag beim Wiederherstellen des normalen Betriebszustandes) entfällt bei schmelzsicherungslosen Konzepten oder sie ist wesentlich geringer.
- Schmelzsicherungslose Konzepte ermöglichen, je nach Art der Störung, eine Wiedereinschaltung aus der Ferne, ohne den Schaltschrank öffnen zu müssen.
- Exportierende Maschinenbau-Unternehmen aus der IEC-Welt setzen sehr ungern nordamerikanische Schmelzsicherungen ein und Schmelzsicherungen nach IEC werden in der Regel in Nordamerika nicht akzeptiert. Andererseits werden auch die nordamerikanischen Schmelzsicherungen nicht im IEC-Bereich akzeptiert. Dadurch verhindern Schmelzsicherungen den weltweiten Einsatz von Schaltschränken.

Approbiertes Zubehör für den Steuerungs- und Verteilerbau

Dieser Aufsatz beschäftigt sich in erster Linie mit den Leistungsschalter-Grundgeräten. Darüber hinaus umfasst das Schaltersortiment eine Vielzahl von Zubehörteilen und Zusatzausrüstungen, um spezielle Sicherheitsanforderungen zu erfüllen und um weitergehende Schaltungsaufgaben zu realisieren oder um die Verarbeitung der Komponenten zu rationalisieren (**Bild 3**), (Seite 13). Hier ist besonders zu erwähnen, dass bei den Schaltern von Eaton das Zubehör für die Schalter für den IEC-Markt und für die Schalter für den nordamerikanischen Markt gleich ist. Die Entwicklungsbasis beider Reihen ist identisch. Das ist ein wesentlicher Wettbewerbsvorteil. Andere Firmen vertreiben für beide Märkte ganz unterschiedliche Schalter-Konstruktionen mit getrennten Zusatzausrüstungen, bei denen schon die Hilfsschalter nicht gleich sind.

Zu den Zusatzausrüstungen der Schalter von Eaton gehören neben normalen und speziellen Hilfsschalterbausteinen für unterschiedliche Signalisierungs- und Verriegelungsaufgaben, die auch noch nachträglich in die Schalter integriert werden können, z. B. Unterspannungs- oder Arbeitsstromauslöser, Fernantriebe oder mechanische Verriegelungen. Hinzu kommen Montagehilfen, wie Sammelschienenadapter, und Abdeckungen für den Berührungsschutz oder spezielle Hauptstromanschlussklemmen und spezielle Handgriffe. Fast alle Zusatzausrüstungen sind auch für den nordamerikanischen Markt approbiert. Steck- und Ausfahrvorrichtungen wurden nicht für Nordamerika approbiert, weil diese Einrichtungen, die die Anlagenverfügbarkeit erhöhen können, wegen den nordamerikanischen Luft- und Kriechstrecken wesentlich größer konstruiert werden müssten. Dadurch wäre ein wirtschaftlicher Einbau in kompakte IEC-Energieverteilungs-Schaltanlagen nicht mehr möglich. Steckvorrichtungen und Ausfahreinrichtungen werden vorwiegend in Energieverteilungsanlagen hoher Leistung *(Power Distribution)* eingesetzt, die aber nicht so häufig exportiert werden.

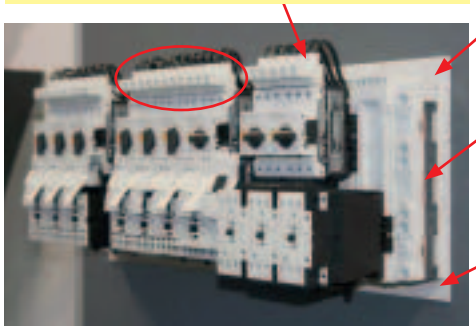
Es gibt aber auch speziell für den nordamerikanischen Markt entwickelte Zusatzausrüstungen. Dies sind zum Beispiel Tunnelklemmen, für den Anschluss von einem oder von mehreren Leitern oder spezielle Handantriebe mit vertikaler Betätigungsrichtung und mit Bowdenzügen, die auch bei geöffneter Schranktür mit dem Schalter verbunden bleiben. Auch die Zusatzgriffe, die im Schaltschrank zusätzlich auf die Schalterachse montiert werden, um den Schalter bei geöffneter Schranktür betätigen zu können, wurden für den nordamerikanischen Markt entwickelt, sie lassen sich aber auch sinnvoll in IEC-Ländern einsetzen. Bei diesen, seit vielen Jahren üblichen Griffen, wird neuerdings eine zusätzliche *„deliberate Action"* (bewusste Handlung) für die Betätigung verlangt [18]. Diese Griffe und das Thema der Türverriegelungen werden in einem späteren Kapitel genauer vorgestellt.

Das Sortiment mit seiner klar strukturierten, vorteilhaften Bausteinkonstruktion hat das nordamerikanische Approbationsverfahren erschwert, da alle Kombinationsmöglichkeiten beschrieben werden mussten und weil zusätzliche Bedruckungen für Nordamerika auf den Geräten und in den Aufstellungs- und

Motorstarter auf Sammelschienenadaptern im Feeder

Wenn Starter auf Sammelschienen montiert werden und vom ***Feeder*** aus versorgt werden, müssen ***UL 508 Type F-Starter mit Zusatzklemmen*** verwendet werden.

Jeder *Type F-Starter* bildet einen eigenen Branch Circuit.



Approbierte Sammelschienenträger verwenden!

Starke Reduzierung der Belastbarkeit der Sammelschienen beachten!

Isolierstoff-Bodenplatte* für große Luft- und Kriechstrecken zur Montageplatte verwenden!

In diesem Beispiel gehören die Eingangsklemmen der *PKZM0* zum *Feeder Circuit*. Einsatz nur in geerdeten Stern-Netzen!

* Die Bodenplatte kann durch Adapter unter den Schienenträgern ersetzt werden.

Bild 17: Mit Motorstartern bestücktes Sammelschienensystem SASY60i. Das System steht mit Flachkupfer- und Profilkupfer-Sammelschienen zur Verfügung. Das Bild zeigt ein System für den Einbau in den *Feeder Circuit*, mit Zusatzklemmen an den Motorstartern (UL 508 Type F-Motorstarter), mit UL-Sammelschienenträgern und mit der Isolierstoff-Bodenplatte.

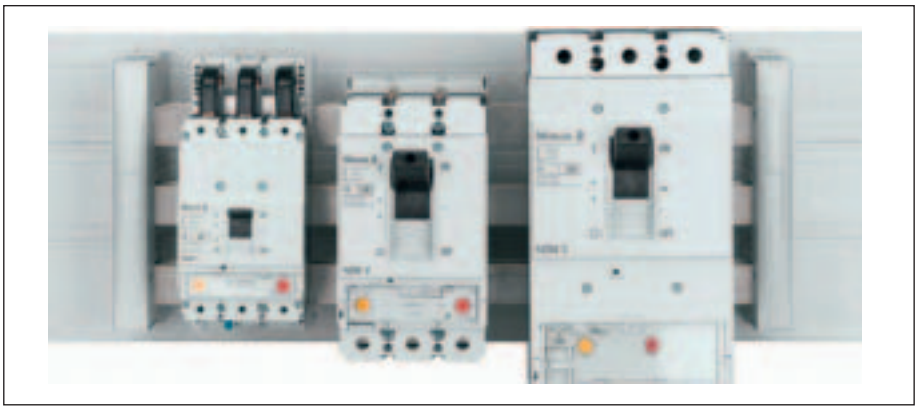


Bild 18: Sammelschienensystem mit Isolierstoff-Bodenplatte, bestückt mit Leistungsschaltern oder Molded Case Switches der Baugrößen 1, 2 und 3. Schalter der Baugröße 4 sind zu schwer für den Sammelschienenaufbau. Die Sammelschienenadapter können beim Kunden so modifiziert werden, dass die Leiter wahlweise oben oder unten an die Schalter angeschlossen werden können.

Wartungsanweisungen (AWA) bzw. Instruction Leaflets (IL) erforderlich wurden [19]. In Nordamerika sind eher kompakte, anschlussfertige Schalter mit keinen oder geringen Modifikationsmöglichkeiten üblich. Bei allen möglichen Kombinationen und Veränderungen *(field installable accessories)*, die den Kunden große logistische Vorteile und eine hohe Flexibilität bieten, ist immer wieder sicherzustellen, dass die notwendigen Luft- und Kriechstrecken, die z.T. durch die Berührungsschutzabdeckungen sichergestellt werden, besonders im Bereich der Anschlusstechnik erhalten bleiben. Teile, deren Notwendigkeit man vielleicht nicht sofort erkennt, dürfen nicht einfach zur Reduzierung der Verarbeitungszeit weggelassen werden, sie dienen u. U. der Sicherstellung der Isolationsstrecken. Auch das verwendete Verdrahtungsmaterial, wie Stromschienen und -bänder dürfen die Spannungsabstände nicht reduzieren oder Ausblasöffnungen verdecken.

Sammelschienensystem *SASY60i* für weitere Rationalisierungen beim Einsatz von Leistungsschaltern

Im Schaltanlagenbau in IEC-Ländern, speziell bei den individueller projektierten Maschinensteuerungen, haben sich die äußerst effektiven Sammelschienenadapter, die mit schmelzsicherungslosen Motorstartern bestückt werden, längst etabliert (**Bild 17**). Sie sind aus dem rationellen Steuerungsbau nicht mehr wegzudenken. Der Platz, der im Schaltschrank für die Stromverteilung ohnehin notwendig ist, lässt sich gleichzeitig sehr effektiv für die Montage der Schalt- und Schutzgeräte nutzen. Es gibt einen intensiven Trend, die Sammelschienensysteme nicht nur mit einfachen Schmelzsicherungsabgängen, sondern direkt mit kompletten Motorstarter-Kombinationen oder sogar mit kompakten Lasttrennschaltern oder Leistungsschaltern zu bestücken (**Bild 18**). In Nordamerika werden z. Z. noch sehr oft die *Power Distribution Blocks* (**Bild 19**) für die Stromverteilungsaufgabe im Schaltschrank eingesetzt. Diese Klemmblöcke übernehmen die Reduzierung von großen Zuleitungsquerschnitten auf mehrere kleinere Querschnitte für den Anschluss der Schalt- und Schutzgeräte.

Es sind die Regeln zu beachten, die festlegen, wann und wie die reduzierten Querschnitte neu abgesichert werden müssen. Bei der Verwendung von Sammelschienensystemen ist die Situation klarer, weil auf die Sammelschienenadapter eigentlich immer *Branch Circuit Protective Devices (BCPDs)* aufgebaut werden, die dann z. T. durch aufgebaute Schütze ergänzt werden. Hier wird also jeder Abzweig, dem Leitungsquerschnitt entsprechend abgesichert, beziehungsweise der Leitungsquerschnitt wird entsprechend des Bemessungsstromes des Schutzorgans gewählt. In Nordamerika sind die Sammelschienensysteme noch nicht so etabliert und es ist daher noch ein großes Potenzial zu erschließen. Teilweise liegt das an den anderen Schaltanlagenbauformen. Wenn man die Leistungsabgänge vorzugsweise in MCC-Verteilern mit Einschüben unterbringt, macht der Einsatz von Sammelschienensystemen einfach keinen Sinn. Die Vorzüge der Sammelschienensysteme werden durchaus erkannt und anerkannt. Die Sammelschienensysteme werden sehr stark durch die Maschinen- und Anlagenexporte in Nordamerika verbreitet.

Die Sammelschienen, die -träger, die -adapter und die Einspeiseklemmen der aufgebauten Motorschutzschalter oder Leistungsschalter liegen in den aller-

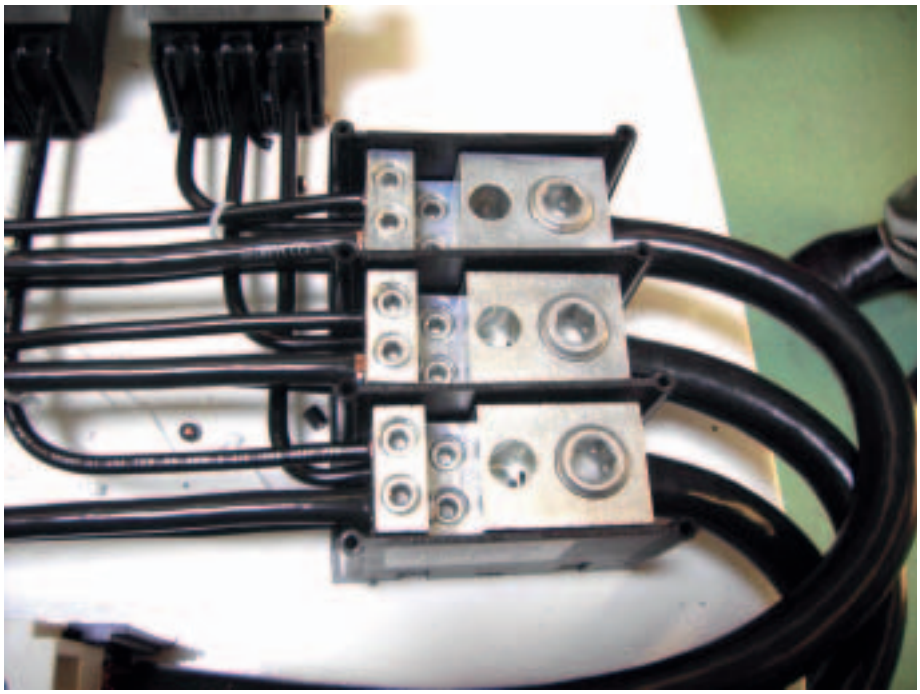


Bild 19: Power Distribution Blocks werden in Nordamerika heute noch überwiegend für die Energieverteilung im Schaltschrank eingesetzt. Es kann ein großer Leitungsquerschnitt angeschlossen werden, der dann auf viele kleinere Querschnitte aufgeteilt wird.

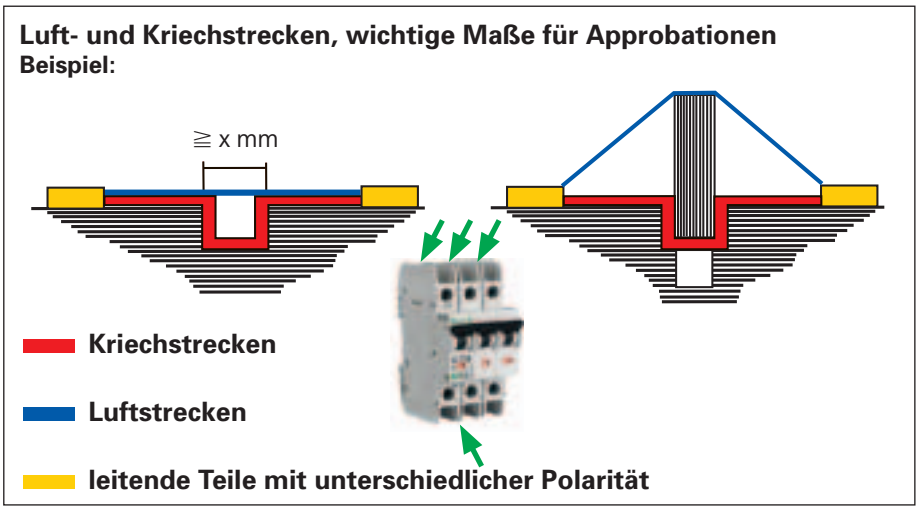


Bild 20: Prinzipdarstellung zu den Begriffen „Luft- und Kriechstrecken". Anstelle des Begriffs Luftstrecke wird auch der Begriff Fadenmaß verwendet, weil die Luftstrecken oft mit einem Faden ermittelt werden, um komplizierte Berechnungen zu ersparen. Am Miniatur-Leistungsschalter FAZ..-NA, nach UL 489, wurden die Stege für die Vergrößerung der Luft- und Kriechstrecken gekennzeichnet.

meisten Anwendungsfällen im Einspeisebereich *(Feeder Circuit)* der *Industrial Control Panels* (**Bild 5**), (Seite 18). In diesem Bereich sind in Nordamerika bei der Anschlusstechnik (zumindest einspeiseseitig) und zwischen Punkten mit unterschiedlicher Polarität außerhalb der Schaltgeräte generell größere Luft- und Kriechstrecken anzuwenden. In den USA und in Kanada sind in *Feeder Circuits* bis 600 V zwischen den Phasen Luftstrecken von 1" (1 Inch = 25,4 mm) und Kriechstrecken von 2" (2 Inch = 50,8 mm) sicherzustellen (**Bild 20**). Gegenüber geerdeten, nicht isolierten Metallteilen, z. B. der Montageplatte oder dem Gehäuse, müssen Kriechstrecken von 1" eingehalten werden. Das sind die klassischen Luft- und Kriechstrecken der Energieverteilungsanlagen *(Distribution Equipment)*.

Wenn man bedenkt, dass europäische Schaltgeräte, wie z. B. Motorschutzschalter *PKZM0* lediglich eine Gerätebreite von 45 mm besitzen, wird deutlich, wie schwer die Entwicklungsaufgabe ist. Bei der Gerätebreite von nur 45 mm müssen die großen Luft- und Kriechstrecken sogar mehrmals zwischen den unterschiedlichen Phasen und zur Geräteseitenwand realisiert werden. Das ist nur mit Nuten und Stegen an den Isolierstoffteilen möglich. Für den Einsatz in Nordamerika oder wenn es nur eine einzige Schaltschrankausführung für den weltweiten Einsatz geben soll, muss im Einspeisebereich *(Feeder Circuit)* zusätzlich eine Isolierstoff-Bodenplatte (**Bild 17**), (Seite 42) zur Sicherstellung der Luft- und Kriechstrecken gegenüber der Montageplatte eingesetzt werden. Eine Alternative zur Bodenplatte bieten Adapter, die unter die Sammelschienenträger untergebaut werden. Das System wird dadurch etwas 1,5 cm vorgezogen. Mindestens an den Eingangsklemmen der *Branch Circuit Protektive Devices* müssen die großen Luft- und Kriechstrecken eingehalten werden. Anschließend reichen in den Abgangsstromkreisen *(Branch Circuits)* geringere Luft- und Kriechstrecken aus.

Bei den Sammelschienenträgern ist beim System *SASY60i* zwischen UL- und IEC-Ausführungen zu unterscheiden, die Sammelschienenadapter werden als Weltmarktgeräte in einer weltweit einsetzbaren Ausführung angeboten. Das heißt auch, dass sie generell mit approbierten Anschlussleitungen ausgestattet sind. Neben dem hier geschilderten Regelfall, dass das System im *Feeder Circuit* eingebaut ist, kann es den Sonderfall geben, dass das System hinter einem Gruppenschutzorgan im *Branch Circuit* Bereich eingebaut wird. Dann reichen die kleineren Luft- und Kriechstrecken der IEC-Sammelschienenträger aus, die Bodenplatte kann entfallen und an den Motorschutzschaltern können die zusätzlichen Eingangsklemmen ebenfalls entfallen, weil dann die Approbation für *Group Protection* der Motorschutzschalter genutzt wird (**Bild 21, Bild 22**). Diese Anordnung hinter einem Gruppenschutzorgan kann erforderlich sein, wenn man von starr geerdeten Sternnetzen unabhängig sein will oder sein muss (für den Einsatz in Dreieck-Netzen).

Umfangreiches Zubehör erleichtert die Einspeisung der Sammelschienensysteme und ihren Berührungsschutz. Die

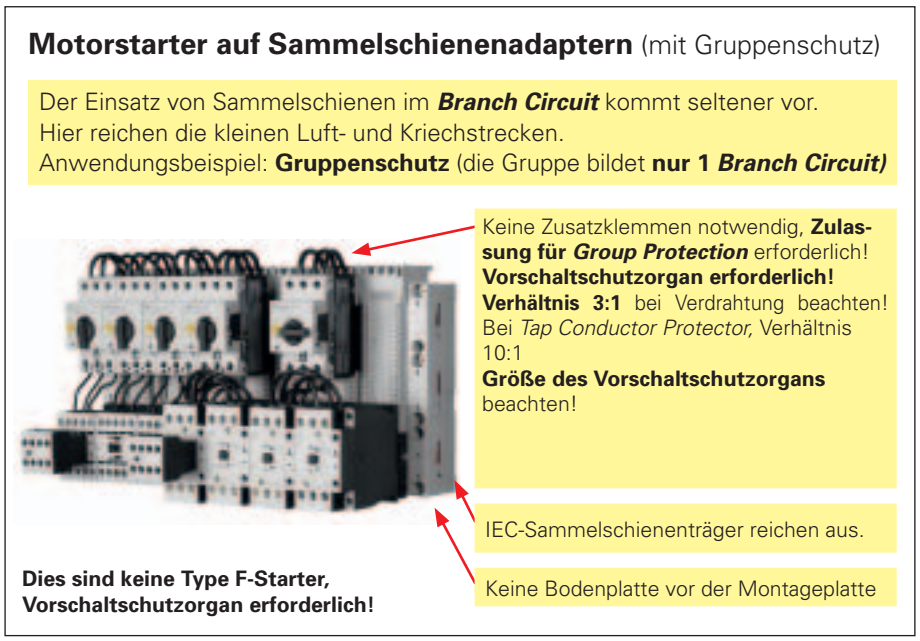


Bild 21: Sammelschienensystem *SASY60i* für den Einbau in den Branch Circuit-Bereich. Diese Bauform ist möglich, wenn für die Motorschutzschalter die Approbation für Group Protection genutzt wird. Vor diesem Sammelschienensystem muss ein Vorschaltschutzorgan für die Gruppe (Schmelzsicherungen nach UL 248 oder Leistungsschalter nach UL 489) angeordnet sein, siehe Bild 18 (Seite 43). Diese Anwendung wird seltener eingesetzt.

größten Abschnitte der Stromschienen werden durch die aufgebauten Geräte berührungssicher abgedeckt. Freie Sammelschienenabschnitte, z. B. für einen späteren Ausbau der Schaltgerätebestückung, können mit geringem Aufwand mit Isolierstoffprofilen abgedeckt werden. Heute ist es möglich, zusätzlich zu den erwähnten Motorstartern, auch Kompakt-Leistungsschalter *NZM* oder *Molded Case Switches NS* für Stromstärken bis 550 A (Schalterbaugröße 3), als Einspeise- oder Abgangsschalter direkt und Platz sparend auf die Sammelschienen zu adaptieren. Die Eingangsklemmen des Einspeiseschalters müssen in Nordamerika immer mit einer als Schalterzubehör angebotenen Berührungsschutzhaube abgedeckt werden. Das gilt auch, wenn der Schalter auf ein Sammelschienensystem montiert wird. Zwischen Einspeise- und Abgangsschaltern oder Motorstartern sollte man für den Einsatz in Nordamerika etwas abgedeckten Platz auf den Sammelschienen lassen, als optische Trennung zwischen Eingangs- und Ausgangsstromkreisen. Mit Beschriftungen kann man die Grenze zwischen einspeisenden Geräten und den Abgängen zusätzlich hervorheben. Siehe für weitere Details zu dem System *SASY60i* auch den Aufsatz [12].

Leistungsschalter können bei schweren Kurzschlussbeanspruchungen ionisierte, leitfähige Gase nach oben und unten ausblasen. Freie Ausblasräume, entsprechend der Angaben der Schalterhersteller, müssen auch bei der Montage auf Sammelschienen beachtet und eingehalten werden. Wenn man beispielsweise einen 500-A-Schalter verkupfert, sind starke und schwere Kupferquerschnitte erforderlich. Besonders, wenn bauseitig Kabel zu montieren und anzuschließen sind, sollten die Kabelführung und ausreichende Befestigungsmöglichkeiten für die Kabel sorgfältig geplant werden. In die Betrachtung des *Short Circuit Current Ratings (SCCR)* der Schaltanlage gehen die Sammelschienensysteme ebenfalls ein. Hier wurde durch umfangreiche Versuche nachgewiesen, dass die aufgebauten Schalt- und Schutzgeräte von Eaton das an sich geringe *SCCR* der Schienensysteme auf die Kurzschlussfestigkeit der aufgebauten Schutzgeräte anheben. Nachzuweisen war u. a., dass die Verbindungen zwischen den Adaptern und den Sammelschienen nicht durch die großen dynamischen Kräfte, die durch die Kurzschlussströme erzeugt werden, geöffnet werden (gleicher physikalischer Vorgang, wie er bei den Kontaktsystemen erläutert wurde). Durch die solide Konstruktion der Adapterkontaktierung werden Verschweißungen an diesen potenziell kritischen Verbindungsstellen sicher ausgeschlossen. Die festen Verbindungen vermeiden durch geringe Übergangswiderstände jede unnötige Erwärmung.

Die Kurzschlussfestigkeit des Sammelschienensystems wird, wie gesagt, durch die Prüfungen auf die Kurzschlussfestigkeit der aufgebauten Schalt- und Schutzgeräte angehoben. Werden Geräte mit unterschiedlicher Kurzschlussfes-

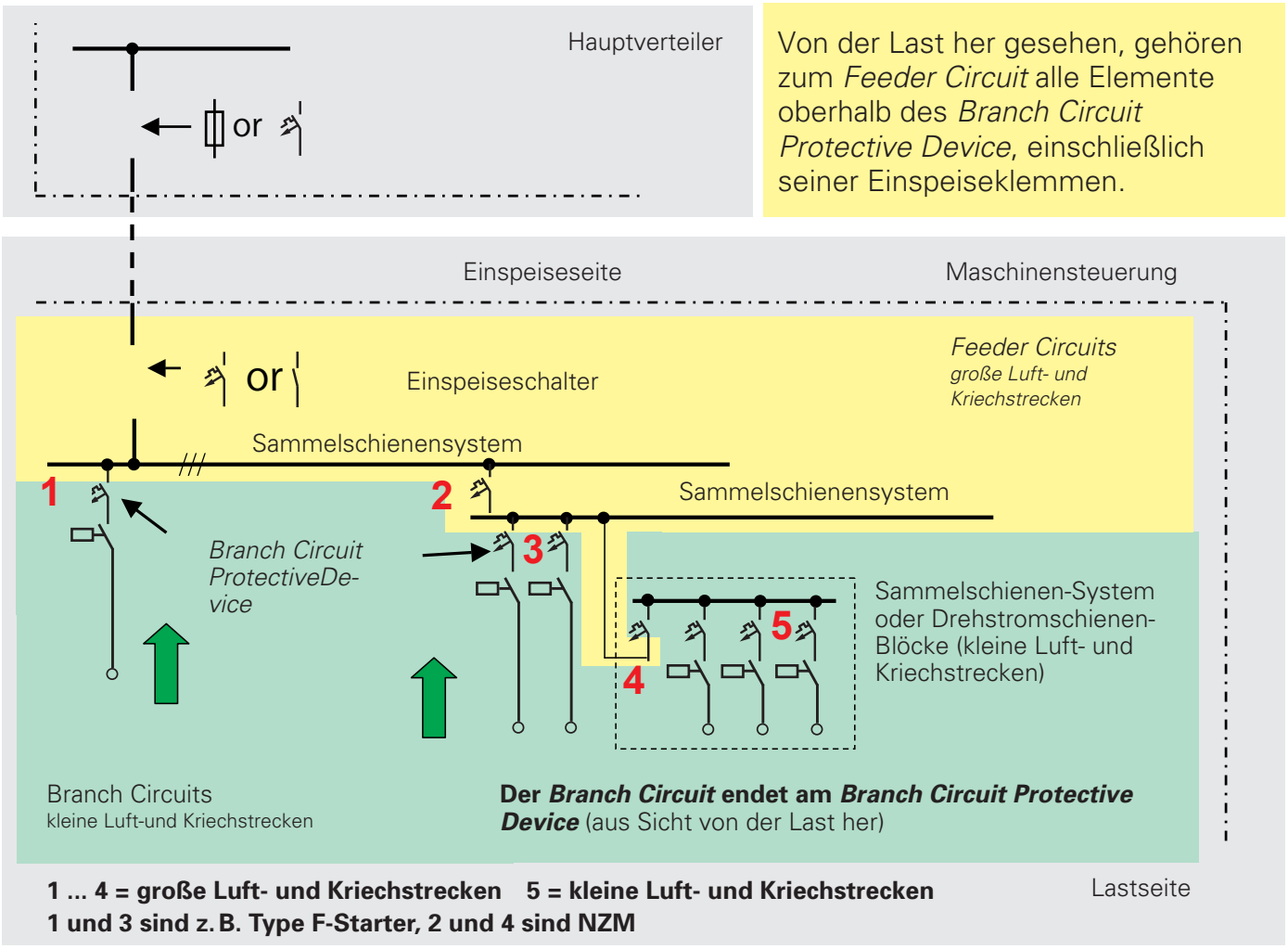


Bild 22: Eine Motorstarter-Gruppe (5) aus Motorschutzschaltern PKZM0 und Schützen DILM (keine „UL 508 Type E-Starter“) wird hinter einem Gruppenschutzorgan (4) im Branch-Bereich angeordnet. In diesem Fall reichen kleinere Luft- und Kriechstrecken aus. Das Gruppenschutzorgan kann mit am Sammelschienensystem angeschlossen oder separat angeordnet werden.

tigkeit auf das Sammelschienensystem aufgebaut, bestimmt die schwächste Kombination das *SCCR* des gesamten, bestückten Sammelschienensystems. Aus diesem Grund kann im Einzelfall eine Aufteilung in Sammelschienenabschnitte mit Gruppen von Schaltgeräten mit ähnlichen Stromstärken sinnvoll sein. Aufteilungen in Gruppen können bei der Anwendung von *Group Protection* (Gruppenschutz) zu einem günstigeren Verhältnis zwischen den Querschnitten für Abgangsleitungen und der Größe des Gruppenschutzorgans führen (Stichworte: 3:1-Regel, 10:1-Regel, siehe [3]). Da man bei den mit Schalt- und Schutzgeräten bestückten Schienensystemen durch die sehr effektiven Adapterbreiten eine sehr hohe Packungsdichte erreicht, ist es empfehlenswert, die Kupfer-Sammelschienenquerschnitte großzügiger zu dimensionieren, um über die Kupferschienen einen gewissen Wärmeausgleich zu erreichen. Auf jeden Fall sollten die Sammelschienen nicht noch unnötig zur Wärmeerzeugung beitragen. Hier sollte man bei der Dimensionierung besonders sorgfältig vorgehen und auch die Gleichzeitigkeitsfaktoren der Belastungen im Auge behalten.

Als Stromverteilungs-Alternative für kleinere Ströme werden weiterhin die in der IEC-Welt sehr häufig eingesetzten, kompakten Drehstromschienenblöcke angeboten. Drehstromschienenblöcke sind schaltgerätespezifisch konstruiert und sie gehören mit speziellen Einspeise-Klemmblöcken zum Zubehör des jeweiligen Schutzgeräteprogramms, z. B. zu den Systemen *PKZM0*, *PKE, PKZ2*, *PKZM4* oder *FAZ-NA*. Besonders bei den *FAZ-NA* bieten sie wirtschaftliche Vorteile, weil sie auch in 1-, 2- oder 4-poliger Ausführung zur Verfügung stehen. Drehstromschienenblöcke bieten sich besonders als wirtschaftliche Lösung bei *Group Protection* mit *UL 508 Type E-* und *Type F-Motorstartern* an.

Besondere Anforderungen beim Einbau von Leistungsschaltern in nordamerikanische Schaltanlagen

Häufig werden nach Erfahrungen der nordamerikanischen Kollegen bei importierten Schaltanlagen, vor der Inbetriebnahme in Nordamerika, einfach die Schaltgeräte (z. B. Hauptschalter) gegen nordamerikanische Geräte ausgetauscht, weil die ursprünglich eingebauten Geräte nicht den Standards oder den Marktgewohnheiten entsprechen. Dies ist eine besondere Schwierigkeit im Exportgeschäft, denn während man die Anforderungen an die Geräteapprobationen und die zu berücksichtigenden Standards nachlesen kann, kann man über die nordamerikanischen Marktgewohnheiten nicht viel lesen. Meistens werden nicht die Schalter selbst, sondern nur die eingesetzten Handhaben der Schalter beanstandet. Aber Schalter und Handhaben bilden firmenspezifische und baugrößenabhängige Einheiten, von denen man nicht einfach Einzelteile austauschen kann. Der Maschinenhersteller erfährt oft nichts von diesen Umbaumaßnahmen und er ist weiter davon überzeugt, das Richtige zu liefern.

In diesen Fällen entstehen, neben einer Unzufriedenheit des Kunden, unnötige Kosten und Verzögerungen oder die Abnahme durch die örtlichen Inspektoren wird wesentlich erschwert. Auf der anderen Seite wäre es für den Schaltanlagenhersteller praktisch auch nicht ganz einfach, nachträgliche Veränderungen an approbierten Schaltanlagen in Nordamerika vorzunehmen, da diese Änderungen nur durch zugelassenes Personal erfolgen dürfen. Handelt es sich um einen gewerkschaftlich organisierten Betrieb, bei dem eine Anlage zu ändern ist, beansprucht die Gewerkschaft ein Mitspracherecht bei der Auswahl einer ebenfalls gewerkschaftlich organisierten, zugelassenen Elektrofirma. Die Mitarbeiter des Schaltanlagenherstellers können dann u. U. nur die Rolle eines *„Supervisors"* übernehmen, sie dürfen aber selbst nicht aktiv arbeiten.

Ein späterer Schaltgeräte-Austausch lässt sich bereits in der Projektierungsphase durch eine richtige Auswahl der Schaltgeräte und ihres Zubehörs für den nordamerikanischen Markt vermeiden. Eaton stellt die geeigneten Produkte weltweit zur Verfügung. Sehr wichtig sind die richtige Auswahl der **marktüblichen Schalterantriebe** und die Beachtung der besonderen Anforderungen an Hauptschalter:

- Die meisten Hauptschalter sind nach UL 489 oder UL 98 approbiert.
- Hauptschalter in nordamerikanischen Schaltanlagen dürfen, wie die IEC-Geräte, 2 Schaltstellungen (Ein/Aus) und zusätzlich eine Ausgelöst-/Trip-Position (-anzeige) besitzen.
- Hauptschalter dürfen auch über einen abschließbaren, elektromechanischen Fernantrieb *NZM..-XR…* betätigt werden.
- Für jede Zuleitung wird ein Hauptschalter benötigt, der alle ungeerdeten Leiter gleichzeitig trennt.
- Hauptschalter (zumindest in *Industrial Control Panels for Machinery,* nach UL 508A und NFPA 79) müssen, bei geschlossenem **und** bei offenem Gehäuse ohne zusätzliches Werkzeug bedienbar sein **und** in der AUS-Stellung abschließbar sein.
- Hauptschalter in derartigen Schaltanlagen müssen mit **allen** Gehäusetüren verriegelt sein. D. h., ein Öffnen einer beliebigen Tür darf nur im spannungsfreien Zustand der Anlage möglich sein oder das Öffnen muss den sicheren, spannungsfreien Zustand unverzüglich herbeiführen. Später werden in diesem Aufsatz noch zulässige Ausnahmelösungen erläutert (zulässige Überlistung der Türverriegelungen durch Fachleute unter Beachtung von weiteren Zusatzforderungen).

In Nordamerika werden die Hauptschalter häufig außerhalb der Schaltanlagen, in einem separaten Gehäuse installiert. Schaltanlagenbauer aus Ländern, in denen normalerweise die IEC-Richtlinien angewendet werden, wählen diese Lösung selten, weil sie sich nicht zu weit von ihrer weltweit einsetzbaren Standardlösung entfernen wollen. Ziel vieler Unternehmen ist heute ein einheitlicher, weltweit einsetzbarer Schaltschrank (das ist nicht ganz einfach realisierbar). Eine Schaltanlage sollte, wie in der IEC-Welt, vorzugsweise lediglich eine Zuleitung und nur einen Hauptschalter besitzen. Wenn trotzdem mehrere Einspeisungen und Hauptschalter notwendig sind (AC und DC oder höhere Frequenzen, unterschiedliche Spannungen), müssen diese in räumlicher Nähe zueinander angeordnet werden. Vorgeschriebene Warnhinweise auf der Außenseite der Schaltschranktür müssen auf die Notwendigkeit hinweisen, für einen spannungsfreien Zustand mehrere Schalter auszuschalten. Text und Schriftgröße sind in der Norm vorgeschrieben. Wegen der scharfen nordamerikanischen Produzentenhaftung sollte man neuerdings an dieser Stelle, gemäß NEC 110.16 und UL 70E, auch vor Gefahren durch Lichtbögen warnen.

Die **Tabelle 27** zeigt ein Beispiel für eine Schaltanlage mit mehreren Einspeisungen. Der Anlagenbetreiber soll leicht und zwangsläufig erkennen, dass mehr als eine Zuleitung und mehr als ein Hauptschalter vorhanden sind, die gemeinsam ausgeschaltet werden müssen, um den spannungsfreien Zustand einer Schaltanlage zu erreichen. Es ist jedoch zulässig, Spannungen dauerhaft vor dem Hauptschalter für bestimmte, unbedingt erforderliche Stromkreise abzugreifen, z. B. für Unterspannungsauslöser, Schrankbeleuchtungen oder Service-Stromkreise, usw. Für diese Stromkreise gelten besondere Verdrahtungsbedingungen, wie z. B. eine spezielle Farbe der verlegten Adern oder die Separierung dieser Leitungen. Die Länge dieser Leitungen sollte möglichst kurz gehalten werden. Ein Stromkreis für eine elektrische Türüberwachung/-verriegelung muss

Anforderungen bei mehreren Hauptschaltern in einer nordamerikanischen Schaltanlage				
Aufgabe der Schalter: 1 = Hauptschalter für die Haupteinspeisung 2 = Hauptschalter für die Beleuchtung der Schaltanlage zur Wartung 3 = Versorgung von Messkreisen mit elektronischer Speicherung, die immer an Spannung liegen müssen				
Anforderungen an die einzelnen Schalter:				
Schalter	Anordnung der Schalter	Verriegelung der Schalter untereinander	Elektrische und/oder mechanische Verriegelung der Schalter mit den Schaltschranktüren	Bemerkung
1, 2, 3	räumlich zusammen	nicht erforderlich		
1			vorgeschrieben	Warn- und Sicherheitsschilder sind vorgeschrieben *)
2, 3			nicht erforderlich	
Bei ausgeschalteten Hauptschaltern sind weiter stromführende Leitungen räumlich zu separieren und durch eine besondere Farbe der Isolierung zu kennzeichnen.				

*) z. B.: „Achtung, bei ausgeschaltetem Hauptschalter sind nicht alle Stromkreise spannungsfrei."

Tabelle 27: Die Tabelle zeigt die Anforderungen am Beispiel von drei Schaltern mit den beschriebenen Aufgaben.

zwangsläufig durch alle Schaltschränke verlaufen. Hier kann durch einen Steuerspannungstransformator mit getrennten Wicklungen für eine höhere Sicherheit gesorgt werden, besonders, wenn die Türüberwachung dann mit einer ungefährlichen Kleinspannung erfolgt.

In Nordamerika werden die in Europa häufig eingesetzten mechanischen Verriegelungen zwischen verschiedenen Hauptschaltern nicht durch einen Standard gefordert (z. B. für Netz- oder Ersatzstromversorgung). Dieses in der Eaton Approbationsakte beschriebene IEC-Zubehör (*NZM..-XMV*) kann aber auch in Nordamerika eingesetzt werden, um eine zusätzliche Sicherheit zu erzielen.

Türverriegelungen

Der Schaltanlagenstandard UL 508A [4] für *Industrial Control Panels* besteht aus zwei Teilen. Der Teil 1 befasst sich mit elektrischen Steuerungen, die als *„General-Use-Panels"* (Schaltschränke für allgemeine Anwendungen) bezeichnet werden. Gleichzeitig enthält der Teil 1 Anforderungen, die als Basisanforderungen, auch für alle *Panels* nach Teil 2 mit gelten. Der Teil 2 der UL 508A baut auf dem Teil 1 auf und beschreibt zusätzliche Anforderungen an „spezielle" elektrische Steuerungen *(Specific Use Control Panels)* für besondere Applikationen, u. a. für „Maschinensteuerungen". In diesem Teil 2 findet man für Türverriegelungen bei Maschinensteuerungen die gleichen Anforderungen wie in der NFPA 79 (**Bild 23**). Weitere *„Special-Use-Panels"* sind z. B. *Elevator Control Panels* (Aufzugsteuerungen) oder *Crane Control Panels* (Kransteuerungen), mit jeweils einem eigenen Anforderungsprofil.

Bei allen Maschinensteuerungen nach NFPA 79 [5] (darunter fallen alle industriellen Maschinen, vergleichbar mit der Maschinendefinition in der IEC/EN 60 204-1 [7]), müssen

- die Hauptschalter, egal ob sie in den Schaltschrank eingebaut oder neben der Schaltanlage in einem separaten Gehäuse angeordnet sind, **mit den Gehäusetüren mechanisch, elektrisch oder mechanisch und elektrisch so verriegelt sein,** dass die Schaltschranktüren nicht geöffnet werden können, wenn der oder die Hauptschalter eingeschaltet ist/sind.

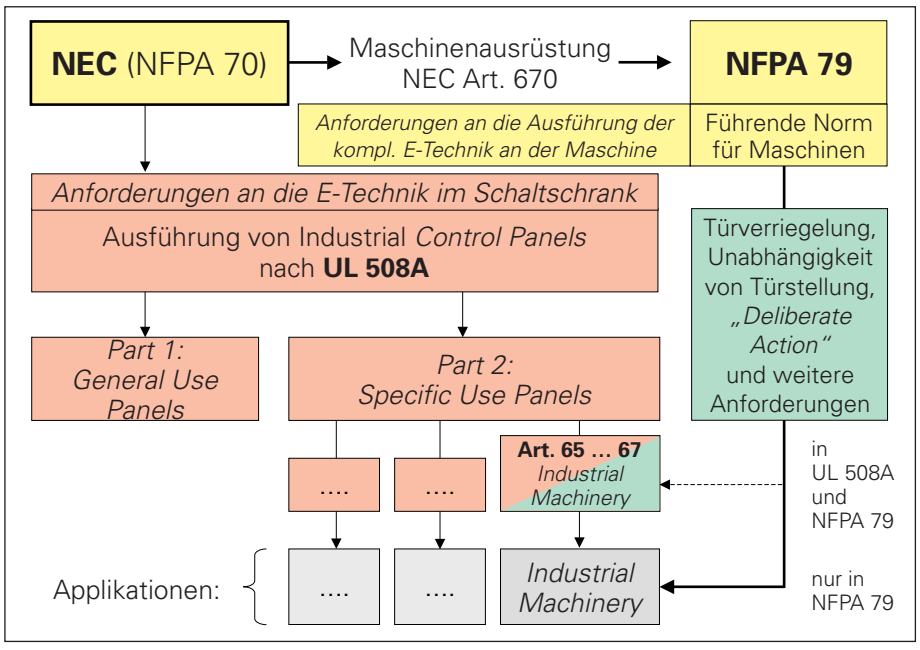


Bild 23: Zusammenhänge zwischen den Standards NFPA 70 (NEC), NFPA 79 und UL 508A für die Ausrüstung von Industrial Control Panels. Es gibt unterschiedliche Arten von Industrial Control Panels. An die Panels für Industrial Machinery (Maschinensteuerungen) werden die höchsten Anforderungen gestellt, z. B. bezüglich der Türverriegelungen und der Betätigung von Hauptschaltern bei geöffneten Schranktüren.

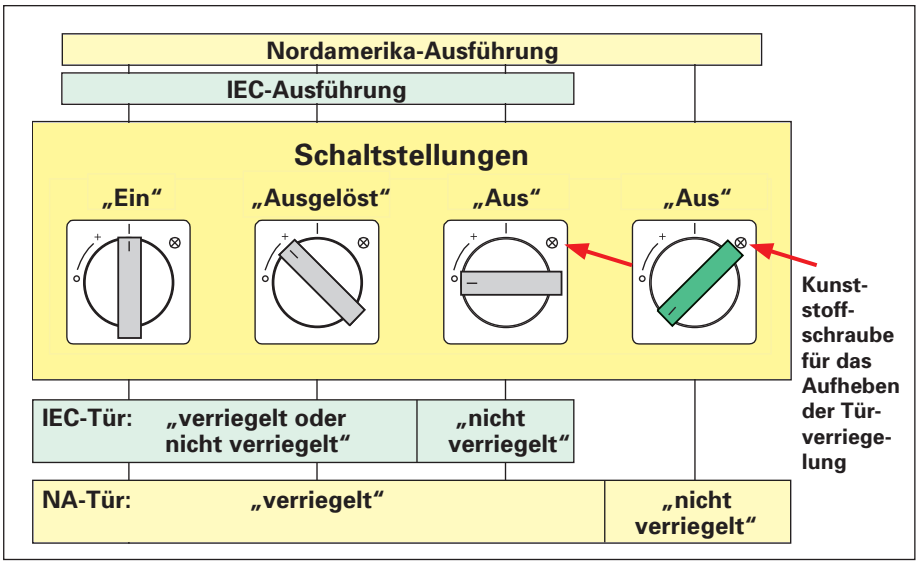


Bild 24: Darstellung der Positionen der Handhabe bei Schaltern für den Einsatz in Nordamerika. Die 3 linken Schalterstellungen sind auch bei IEC-Handgriffen üblich. In der Aus-Stellung lässt sich die Tür öffnen. Bei den nordamerikanischen Griffversionen ist die Tür in der Aus-Stellung noch verriegelt. Die Handhabe muss über die Off-Position hinaus nach links gedreht werden, damit die Tür geöffnet werden kann. Dies ist in Nordamerika die marktübliche Bedienung, sie soll verhindern, dass sich die Tür in der Aus-Stellung selbsttätig öffnet. Mit einem Schraubendreher lässt sich die Türverriegelung an der gekennzeichneten Schraube durch Fachleute überlisten.

Bei dem Thema „Türverriegelungen“ stoßen auf der ganzen Welt unterschiedliche Ansichten aufeinander. Das ist einerseits die Sicherheitsforderung, nur an spannungsfreien Schaltanlagen arbeiten zu „dürfen“ und andererseits die Erfahrung, dass vor allem Justieraufgaben und eine Fehlersuche oft nur während des laufenden Betriebes einer Anlage durchzuführen sind.

Früher hat man die Spannungsversorgung zwangsläufig über Türpositionsschalter abgeschaltet, wenn eine Schaltschranktür geöffnet wurde (bei elektrischer Türverriegelung). Da aus heutiger Sicht eine zwangsweise Abschaltung der Spannungsversorgung (wie Not-Aus) wegen der Maschinensicherheit problematisch ist (u. U. Auslösung von andersartigen Gefahren, oder weil eine Stopp-Kategorie (Not-Halt) zu beachten ist), kann das Öffnen der Türen z. B. durch Positionsschalter mit Türzuhaltung oder durch mechanische Verriegelungen verhindert werden. Es muss dann zunächst eine bewusste Freigabe für das Öffnen der Türen erfolgen. Wie später erläutert wird, ist eine derartige Überlistung der Türüberwachung durch qualifizierte Fachleute zulässig.

Zum Teil hilft man sich damit, dass die Justierungselemente (z. B. Fernpotenziometer für die Einstellung der Zeiten an Zeitrelais), die nicht nur von Elektrofachkräften bedient werden sollen, in die Schaltschranktüren zu integrieren, um sie bei geschlossener Tür sicher einstellen zu können. Vielfach sollen aber gerade diese verstellbaren Elemente vor einem unberechtigten bzw. unqualifizierten Zugriff geschützt werden. Hier helfen zusätzliche Abdeckungen, die nur ein Fachmann mit Werkzeug öffnen kann. Auf dem nordamerikanischen Markt findet man aber auch Schaltschränke mit zwei hintereinander liegenden Türen. In der äußeren Tür findet man nur Einbaugeräte, die jederzeit zugänglich sein sollen. In der dahinter liegenden Tür können geschützt anzuordnende Einbaugeräte montiert werden und erst das Öffnen dieser inneren Tür würde eine Auslösung des Hauptschalters bewirken, bzw. erst nach dem Ausschalten des Hauptschalters möglich sein.

Die nordamerikanischen Standards lassen aber für *qualifiziertes, ausgebildetes Personal* auch den Zugriff auf unter Spannung stehende Anlagen zu. Bei den Drehgriffen mit Türverriegelung, *NZM..-XDTV(R)-NA,* hat das Fachpersonal die Möglichkeit, die Türverriegelung von außen mit einem Schraubendreher aufzuheben (*defeat mechanism* nach UL 508A). Die Türverriegelung kann jedoch nur aufgehoben werden, wenn der Schalter nicht abgeschlossen ist.

Sowohl bei mechanischer, wie auch elektrischer Türverriegelung, muss sichergestellt werden, dass die Überlistung sich selbsttätig auflöst, wenn die Tür wieder geschlossen wird. Danach muss wieder eine wirksame Türverriegelung vorhanden sein.

Es ist eine nordamerikanische Marktgewohnheit, dass die für den nordamerikanischen Markt approbierten Drehgriffe aktiv über die AUS-Stellung *(0FF, OPEN)* hinaus gedreht werden müssen, um die Tür zu öffnen **(Bild 24**, **Tabelle 28)**. Dadurch soll nach amerikanischer Ansicht verhindert werden, dass sich Türen im ausgeschalteten Zustand des Hauptschalters selbsttätig öffnen.

Es gibt also 4 Griffstellungen, statt 3 bei der IEC-Ausführung. In dieser vierten Griffstellung verrastet der Griff nicht, sondern er geht, wenn er losgelassen wird, selbsttätig wieder in die „AUS-Stellung“ zurück. Diese Version der Griffe mit dem Typenzusatz *-NA* sollte bei Maschinen- und Anlagensteuerungen eingesetzt werden. Sie sind allerdings an Weltmarkt-Maschinen für nicht-nordamerikanische Betreiber gewöhnungsbedürftig. Neben diesen *speziellen* Griffen für den nordamerikanischen Markt wurden auch die Türkupplungs-Drehgriffe nach IEC für den Einsatz in Nordamerika approbiert. Einen Überblick über die realisierbaren Türverriegelungsfunktionen und die Abschließbarkeit gibt die **Tabelle 29** (Seite 50).

Leistungsschalter oder *Molded Case Switches,* die eine Trenner- oder Hauptschalterfunktion bei nordamerikanischen *Industrial Control Panels for Industrial Machinery* übernehmen, müssen einige Anforderungen erfüllen, z. B.

- **müssen sie bei geschlossener und bei geöffneter Schaltschranktür ohne Werkzeug oder ohne eine spezielle Ausrüstung durch qualifiziertes Fachpersonal bedienbar sein,**
- **sie müssen auch bei geöffneter Schaltschranktür zuverlässig abschließbar sein.**

Drehantriebe sind in Nordamerika an Hauptschaltern nicht so üblich, wie in der IEC-Welt. *Einige approbierte Lösungen, die beim Export von Schaltanlagen nach Nordamerika noch akzeptiert werden, lassen sich auf dem nordamerikanischen Markt wegen ihrer Abweichung von den Marktgewohnheiten nicht als Komponenten verkaufen.* Die falsche Wahl der Schalter-Betätigungseinrichtung kann zu einem hohen Abnahmerisiko am Verwendungsort der Schaltanlage führen. Nach Möglichkeit sollte man die Art der Betätigung der Hauptschalter vor der Projek-

Merkmale der Handhaben im System NZM, N, NS, PN nach IEC und NEMA					
Typ	**Schutzart** IEC/EN – UL/CSA IP20 /40 = IP20 offen/IP40 mit Türausschnitt und Blendrahmen		**Griff-farbe**	**Verriegelung/Abschließbarkeit** Türverriegelung nur bei gelben Feldern möglich	**Bild 25, Teil…**
IEC-Türkupplungsdrehgriffe				**Tür öffnen in OFF-Stellung** *) **)	
NZM..XTVD(-60)(-0)	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF am Griff	A/B
NZM..XTVDV(-60)(-0)	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF 2) am Griff und Schalter	C/D
NZM..XTVDVR(-60)(-0)	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	rot	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	C/D
IEC-Drehgriffe auf dem Schalter				**Tür öffnen in OFF-Stellung** *)	
NZM..-XDVG	IP20/40	UL/CSA Type 1	schwarz	abschließbar in OFF am Griff	E/F
NZM..-XDVGR	IP20/40	UL/CSA Type 1	rot	abschließbar in OFF am Griff	E/F
NZM..-XDV	IP20/40	UL/CSA Type 1	schwarz	abschließbar in OFF am Schalter	K/L/M
NZM..-XDVR	IP20/40	UL/CSA Type 1	rot	abschließbar in OFF am Schalter	K/L/M
NZM..-XDTV	IP20/40	UL/CSA Type 1	schwarz	abschließbar in OFF am Griff 1) 2)	G/H
NZM..-XDTVR	IP20/40	UL/CSA Type 1	rot	abschließbar in OFF am Griff 1)	G/H
NA-Türkupplungsdrehgriffe				**Tür öffnen nur durch Drehen über die OFF-Stellung hinaus** *)	
NZM..XTVDV(-60)(-0)-NA	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	C/D
NZM..XTVDVR(-60)(-0)-NA	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	rot	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	C/D
NA-Drehgriffe auf dem Schalter				**Tür öffnen nur durch Drehen über die OFF-Stellung hinaus** *)	
NZM..XDTV-NA	IP20/40	UL/CSA Type 1	schwarz	abschließbar in OFF am Griff 1) 2)	G/H
NZM..XDTVR-NA	IP20/40	UL/CSA Type 1	rot	abschließbar in OFF am Griff 1)	G/H
IEC-Hauptschalterbausätze				**Tür öffnen in OFF-Stellung** *) **)	
NZM..-XHB	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF am Griff 2)	R
NZM..-XHBR	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	rot	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	S
NZM..-XS(M)-L(R)	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF am Griff	T/U
NZM..-XSR(M)-L(R)	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	rot	abschließbar in OFF am Griff	T/U
IEC-Hauptschalterbausätze mit Zusatzgriff im Schrank, IEC-Türgriff				**Tür öffnen in OFF-Stellung** *) **)	
NZM..-XHB-DA	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	S
NZM..-XHB-DAR	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	rot	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	S
NA-Hauptschalterbausätze mit Zusatzgriff im Schrank, NA-Türgriff				**Tür öffnen nur durch Drehen über die OFF-Stellung hinaus** *)	
NZM..-XHB-DA-NA	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	schwarz	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	S
NZM..-XHB-DAR-NA	IP66	UL/CSA **Type 12 + 4X**	rot	abschließbar in OFF am Griff und Schalter	S

*) in ON ist die Türverriegelung mit Werkzeug überlistbar.
**) Im Auslieferzustand ist die Türverriegelung deaktiviert.
1) Verriegelung nur für kleine Türen, z. B. für Einschübe in MCC-Verteilern.
2) modifizierbar, abschließbar am Griff auch in ON-Stellung

Tabelle 28: Varianten der Schaltergriffe mit ihren amerikanischen Schutzarten. Als Besonderheiten sind bei der Auswahl für Amerika die Anforderungen an die Türverriegelungen und die Abschließbarkeit zu beachten. Alle Griffe besitzen die UL und CSA-Approbationen, die IEC-Griffe werden als Bestandteile von Exportanlagen zum Teil akzeptiert, sie lassen sich auf dem amerikanischen Markt aber nicht als Komponenten verkaufen. Siehe Beschreibungen im Text.

Modifikationsmöglichkeiten bei den Handhaben im System NZM, N, NS, PN						
Typ	**Türverriegelung** Die Türverriegelung ist automatisch wirksam. Sie lässt sich nicht überlisten, wenn der Türgriff abgeschlossen ist.			**Abschließbarkeit** Abschließbarkeit am Griff nur bei geschlossener Tür. Abschließbarkeit am Schalter auch bei offener Tür		**Bild 25 Teil ...**
	Tür öffnen in Stellung			Abschließen in Stellung		
	auch in ON	nur in OFF	nur > OFF	ON + OFF	nur in OFF	
IEC-Türkupplungsdrehgriffe						
NZM..XTVD(-60)(-0)	mW	+	-	-	G	A/B
NZM..XTVDV(-60)(-0)	mW	+	-	mG	G + S	C/D
NZM..XTVDVR(-60)(-0)	mW	+	-	-	G + S	C/D
IEC-Drehgriffe auf dem Schalter						
NZM..-XDVG	nicht zutreffend, keine Türverriegelung vorhanden			-	G	E/F
NZM..-XDVGR				-	G	E/F
NZM..-XDV				-	S	K/L/M
NZM..-XDVR				-	S	K/L/M
NZM..-XDTV	mW	+ [1]	-	mG	G	G/H
NZM..-XDTVR	mW	+ [1]	-	-	G	G/H
NA-Türkupplungsdrehgriffe						
NZM..XTVDV(-60)(-0)-NA	mW	mW	+	-	G + S	C/D
NZM..XTVDVR(-60)(-0)-NA	mW	mW	+	-	G + S	C/D
NA-Drehgriffe auf dem Schalter						
NZM..XDTV-NA	mW	mW	+ [1]	-	G	G/H
NZM..XDTVR-NA	mW	mW	+ [1]	-	G	G/H
IEC-Hauptschalterbausätze						
NZM..-XHB	mW	+	-	mG	G	R
NZM..-XHBR	mW	+	-	-	G + S	S
NZM..-XS(M)-L(R)	nicht zutreffend, keine Türverriegelung			mG	G	T/U
NZM..-XSR(M)-L(R)				-	G	T/U
NA-Hauptschalterbausatz mit Zusatzgriff im Schrank, IEC-Türgriff						
NZM..-XHB-DA	mW	+	-	-	G + S	S
NZM..-XHB-DAR	mW	+	-	-	G + S	S
NA-Hauptschalterbausatz mit Zusatzgriff im Schrank, NA-Türgriff						
NZM..-XHB-DA-NA	mW	-	+	-	G + S	S
NZM..-XHB-DAR-NA	mW	-	+	-	G + S	S

+ = normal - = nicht möglich S = am Schalter G = am Griff mG = modifizierbar am Griff mW = mit Werkzeug überlistbar
Nur > OFF = Tür öffnen nur durch Drehen über OFF-Stellung hinaus

1) Verriegelung nur für kleine Türen, z. B. für Einschübe in MCC-Verteilern

Tabelle 29: Die Tabelle zeigt die Abschließbarkeit und Türverriegelungen im Auslieferzustand und die zusätzlichen Modifikationsmöglichkeiten.

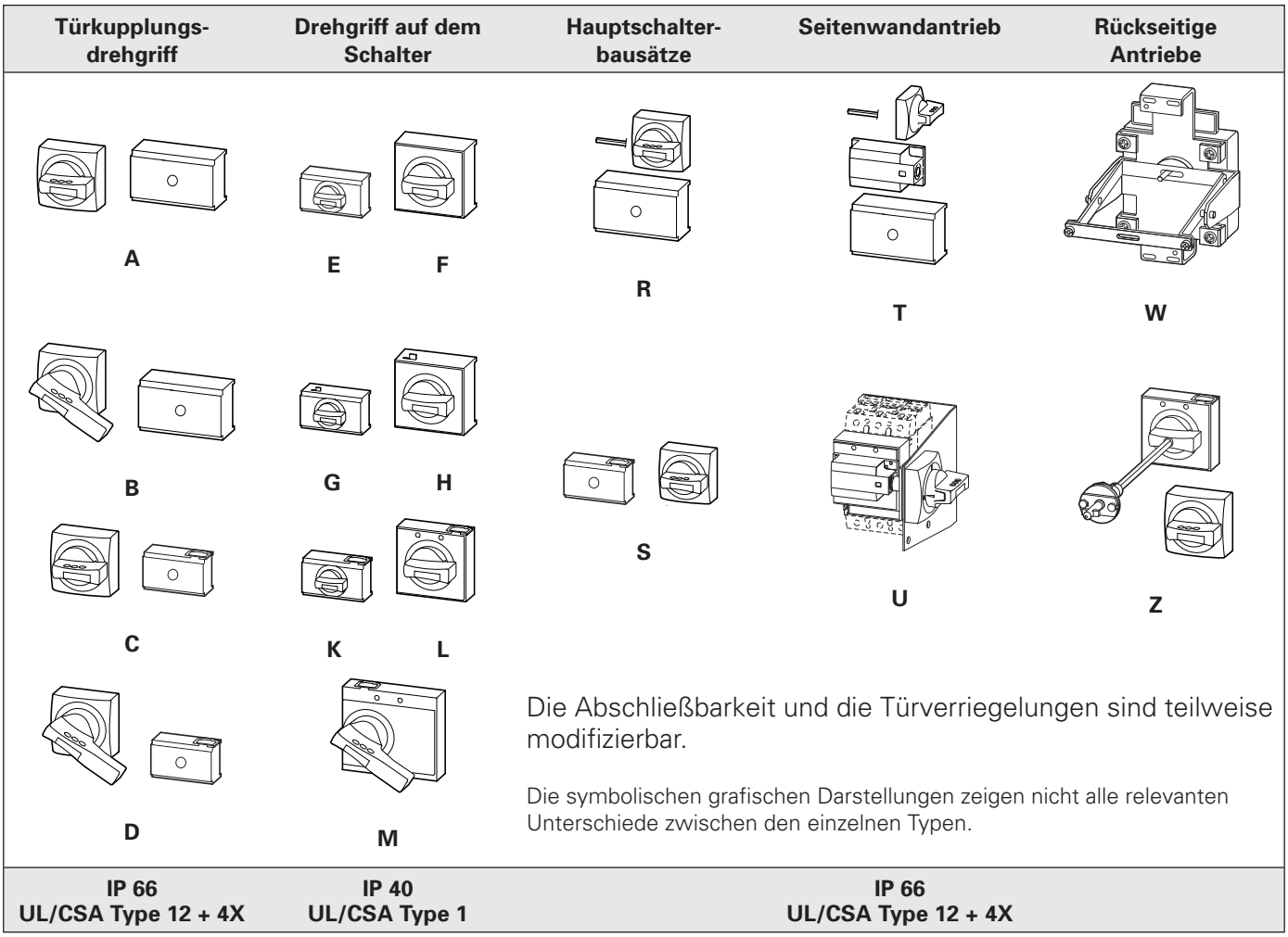


Bild 25: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Drehbetätigungen zum Verständnis der Typangaben in Tabellen 28 (Seite 49) und 29 (Seite 50).

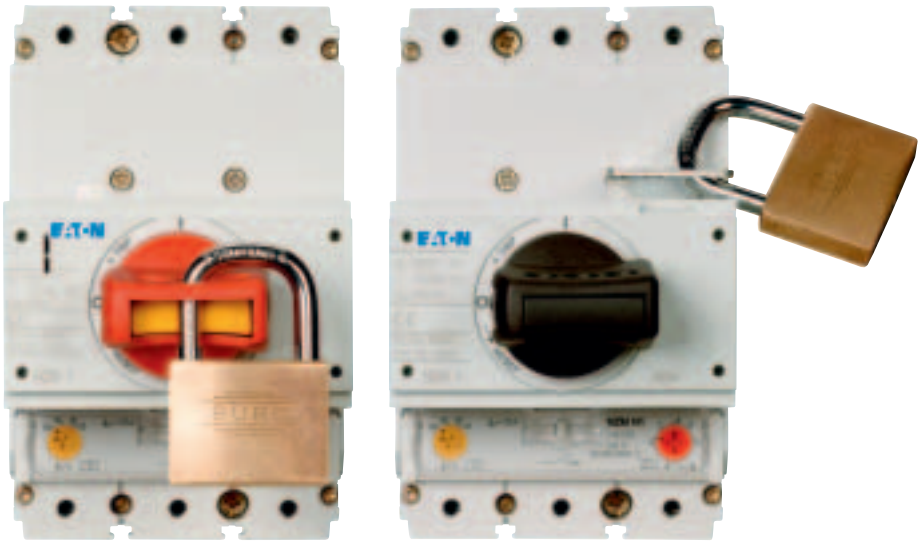


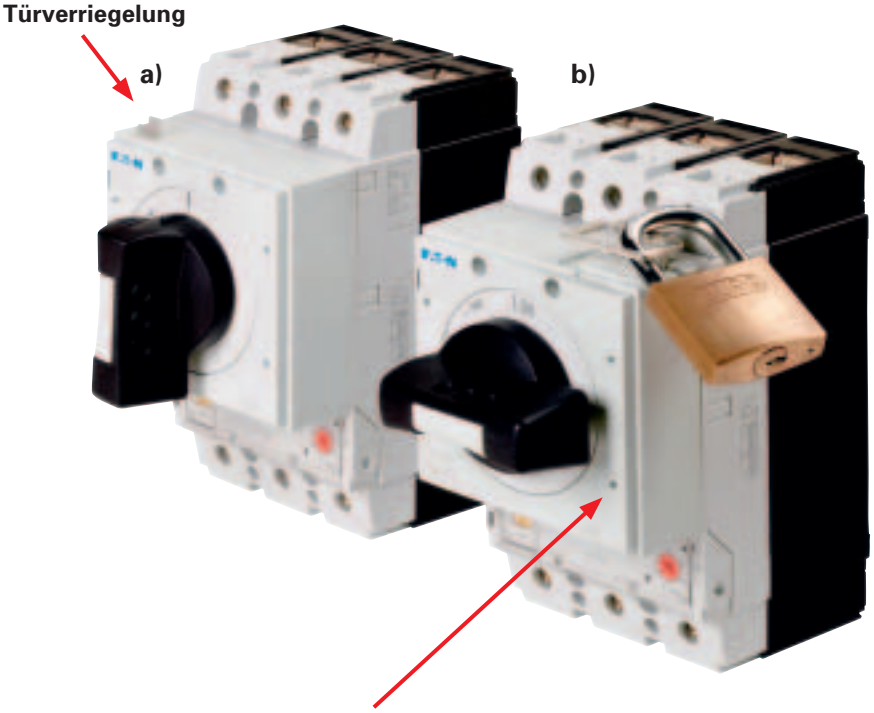
Bild 26: Schalter mit direkt aufgebauten Drehantrieben können wie unter a) gezeigt, am Knebel mit mehreren Bügelschlösser oder wie unter b) gezeigt, am Drehantrieb abgeschlossen werden. Siehe auch Bild 27.

tierung mit seinem Kunden verbindlich klären oder man sollte „typisch nordamerikanische" Ausführungen wählen. Wie bereits beschrieben, werden die Anforderungen an Schalter in Schaltanlagen für die Maschinenausrüstung nach NFPA 79 und bei großen End-Usern, wie z. B. in der Automobilindustrie besonders streng gehandhabt. Hier wird häufig grundsätzlich der später beschriebene *„Vertical Motion Handle/Flange Mounted Handle"* mit vertikaler Betätigungsrichtung verlangt. Neben den Normen spielen in Nordamerika immer wieder die Marktakzeptanz und Handhabungsgewohnheiten eine wichtige Rolle.

Schaltergriffe mit hoher nordamerikanischer Schutzart

Leistungsschalter und Lasttrennschalter, bzw. *Molded Case Switches* von Eaton sind für ihren robusten Aufbau bekannt. Eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für die Gebrauchstauglichkeit der

Türverriegelung



Dieses Bauteil ist der Drehantrieb, der die Drehbewegung des Griffes in die, für die Betätigung des Schalters notwendige Kippbewegung umsetzt. Der Drehantrieb ist bei der gezeigten Variante abschließbar.

Bild 27:
a) Beispiel eines Leistungsschalters NZM.. mit einer Türverriegelung, die bei kleineren Gehäusen mit einem Türausschnitt verwendet werden kann, wenn geringe Anforderungen an die Schutzart gestellt werden oder bei MCC-Verteilern.
b) Beispiel eines Leistungsschalters NZM.., der unabhängig von der Ausführung der Schaltergriffe (Handhaben) auch bei geöffneter Schranktür abgeschlossen werden kann (Typ NZM..-XDV). Einen Schalter mit diesem abschließbaren Drehantrieb würde man abweichend vom Foto normalerweise mit einem Türkupplungs-Drehgriff kombinieren. Bei der Lösung „b" sind elektrische Verriegelungen mit den Schaltschranktüren vorzusehen. Das gilt auch für Lösung „a", wenn das Gehäuse mehrere Türen besitzt.

Bild 28: Schaltergriffe, die mit dem Schalter verbunden bleiben. Die Griffe können durch Ausschnitte mit Blendrahmen (Typ NZM..-XBR) in der Schranktür betätigt werden. Der Drehgriff ist direkt abschließbar. Für die Kipphebelantriebe gibt es keine approbierte abschließbare Lösung. Bei diesen Lösungen sind elektrische Türverriegelungen vorzusehen. Bei Maschinensteuerungen nach NFPA 79 wird diese Einbauform nicht akzeptiert werden, da die Schutzart dieser Lösungen nicht ausreicht.

Schalter besitzen ihre Drehgriffe. Hier ist neben der Vielfalt der Varianten, für die unterschiedlichen Einbauverhältnisse, besonders ihre hohe nordamerikanische Schutzart hervorzuheben. Nach **Tabelle 29** (Seite 50) und **Bild 25** (Seite 51) stehen für den Einsatz in Nordamerika Griffe für die sehr schwer sicherzustellenden Schutzarten „UL/CSA Type 12" und „UL/CSA Type 4 X" zur Verfügung. Diese hohen Schutzarten decken die Anforderung für viele Anwendungen ab, einschließlich die Industriesteuerungen für Maschinen nach NFPA 79. Inspektoren wollen häufig die Schutzart der Griffe nachgewiesen haben. Deshalb wird den Griffen ein Klebeschild mit den Schutzartangaben *„UL/CSA Types"* und den IP-Schutzarten nach IEC beigefügt. Dieses Schild kann auf die Sockelplatte der Griffe aufgeklebt werden. Grundsätzlich ist jede Öffnung in einem approbierten Gehäuse problematisch, weil sie die Schutzart des Gehäuses reduzieren kann. Deshalb werden die Schutzarten der Gehäuse und aller Türeinbauten und Öffnungen in den Gehäusen von den Inspektoren sehr kritisch überprüft.

Das **Bild 26** zeigt verschiedene Lösungen für eine normenkonforme Abschließbarkeit. Die Handhaben (Griffe) sind mit mehreren Bügelschlössern abschließbar und zusätzlich kann bei Gerät „b" auch der Drehantrieb abgeschlossen werden. Die im Aufsatz beschriebenen Schalter von Eaton besitzen in der Grundausstattung Kipphebelantriebe. Der Drehantrieb ist die Baugruppe, die die Drehbewegung eines aufgebauten Drehgriffes oder eines Türkupplungsdrehgriffes in die vertikale Betätigung des Kipphebelantriebs des Schalters umsetzt (**Bild 27**). Schalter mit direkt aufgebauten Drehgriffen sind für den Einbau in Schaltschränke ohne Außenbetätigung vorgesehen.

Die Schalter sind in dieser Ausführung nur bei geöffneter Schaltschranktür bedienbar. Sie werden z. B. für Motorstarter, als Betriebsmittelschalter oder als Abgangsschalter eingesetzt. Als Hauptschalter können die gezeigten Schalter ohne Außenbetätigung nicht eingesetzt werden, weil ein Hauptschaltergriff grundsätzlich jederzeit zugänglich sein muss, ohne erst eine Tür zu öffnen. Diese Forderung besteht aber in der IEC-Welt genauso. In **Bild 32** sieht man einen weiteren Drehantrieb mit einer integrierten Abstützung für eine Achsverlängerung. Die Abstützung verhindert ein Durchhängen der Achsverlängerung. Sie entlastet die Aufnahme für die Achsverlängerung vom Gewicht und Drehmoment der Achsverlängerung, wenn die Schranktür offen ist und sie stellt sicher, dass die Spitze der Achsverlängerung

Bild 29: Elektromotorische Fernantriebe gestatten das Ein- und Ausschalten der Schalter. Bestimmte Varianten der Fernantriebe verfügen über einen Kraftspeicher, der ein schnelles Einschalten ermöglicht. Das Ausschalten und das Spannen des Kraftspeichers erfolgt motorisch. Die Fernantriebe können zusätzlich auch vor Ort mechanisch betätigt werden. Wenn das motorische Ausschalten für spezielle Situationen zu langsam erfolgt, kann der Schalter auch mit einem Spannungsauslöser schnell ausgeschaltet werden.

beim Schließen der Tür leicht in die Öffnung an der Rückseite des Türkupplungs-Drehgriffes eingeführt werden kann.

Als Zusatzausrüstung werden Blendrahmen *NZM..-XBR* angeboten, die Türausschnitte sauber verkleiden können (**Bild 28**). Durch diese Türausschnitte können Schalter mit Kipphebelantrieben, mit direkt aufgebauten Drehgriffen oder mit aufgebauten Fernantrieben (**Bild 29**) auch von außerhalb des Schrankes betätigt werden. Bei diesen Lösungen ist sichergestellt, dass die Schalter auch bei geöffneter Tür jederzeit betätigt werden können. Die in **Bild 28** gezeigten Türausschnitte mit Blendrahmen sind in Nordamerika aber sehr unüblich. Sie sind höchstens bei „*General-Use-Panels*" nach UL 508A vertretbar. Bei allen anderen Anwendungen reicht die erzielbare Schutzart UL/CSA Type 1 nicht aus. Für die Kipphebel steht keine für Nordamerika approbierte Abschließvorrichtung zur Verfügung. Deshalb können Schalter mit Kipphebelantrieben ebenfalls nicht als Hauptschalter und nicht in anderen Anwendungen, bei denen eine Abschließbarkeit gefordert wird, eingesetzt werden. Es wird empfohlen, wegen der geringen Schutzart und den Marktgewohnheiten auf alle Ausführungen mit Türausschnitten bei *Industrial Control Panels* in Nordamerika generell zu verzichten. Diese Empfehlung gilt auch, obwohl andere Schaltgeräte-Hersteller meinen, dadurch auf einen Zusatzgriff im Schaltschrank verzichten zu können. Die

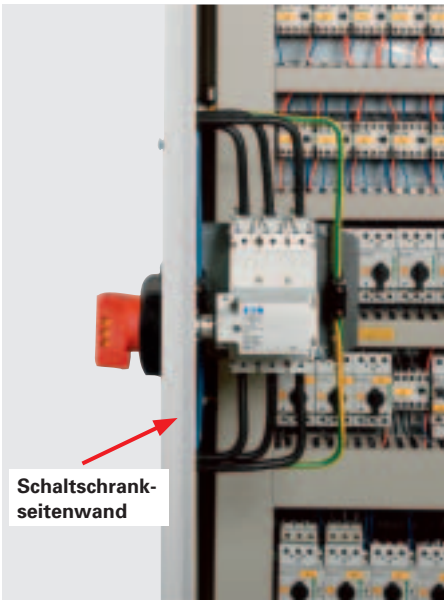


Bild 30: Bei den Leistungsschaltern NZM mit Seitenwandantrieben, einer Spezialität von Eaton, bleiben Schalter und Handgriff auch bei geöffneter Schaltschranktür bedienbar und abschließbar miteinander verbunden. Auf diese Weise können die nordamerikanischen Vorstellungen von abschließbaren Hauptschaltergriffen realisiert werden. Es sind elektrische Verriegelungen mit den Schaltschranktüren vorzusehen. Trotz der Erfüllung der Anforderungen der Normen und der erfolgten Approbation sollte man die Seitenwandantriebe z. Z. nicht für nordamerikanische Maschinenausrüstungen nach NFPA 79 einsetzen, ohne die Verwendung vorher mit dem Maschinenbetreiber abgesprochen zu haben. Die Gefahr einer Ablehnung ist sonst noch zu groß.

Bedeutung dieser Zusatzgriffe in Verbindung mit Türkupplungs-Drehgriffen wird später erläutert.

Leistungsschalter *NZM*, Lasttrennschalter *N* oder *Molded Case Switches NS* mit Seitenwandantrieben *NZM..-XS-L(R)* (**Bild 30**) erfüllen die Anforderung der nordamerikanischen Normen an eine Betätigungsmöglichkeit der Schalter sowohl bei geschlossener, als auch bei offener Tür. Der Schalterantrieb wird an der linken oder rechten Seitenwand des Schaltschrankes befestigt. Es ist die Seitenwand zu wählen, an der sich *nicht* die Türscharniere befinden, um die Zugänglichkeit des Griffes bei offener Tür sicherzustellen. Als Zusatzausrüstung für einen freizügigen Einbau steht ein Montagewinkel zur Verfügung. Die Betätigung des Griffs wird durch ein Getriebe um 90° auf den Schalter umgelenkt. Der Handantrieb ist von der Türstellung vollkommen unabhängig und jederzeit abschließbar. Dadurch, dass die Handhabe an der Seitenwand befestigt ist, ist sie besser gegen Beschädigungen geschützt als ein frontseitiger Schaltantrieb. Bei Hauptschaltern an Maschinensteuerungen ist beim Einsatz von Seitenwandantrieben eine elektrische Türverriegelung erforderlich, da diese Schalterantriebe wegen ihren universellen Einbaumöglichkeiten über keine mechanische Türverriegelung verfügen können.

Während der approbierte Seitenwandantrieb in Europa immer häufiger eingesetzt wird, ist er in Nordamerika erst sehr wenig bekannt. In der Automobilindustrie wird man ihn aus Gewohnheitsgründen nicht einsetzen, während sein Einsatz in anderen Branchen als möglich erscheint. Ohne eine Absprache mit dem späteren Maschinenbetreiber sollte man diese Schalterbetätigung bei Maschinenausrüstungen nach NFPA 79 nicht einsetzen, da die Gefahr einer Ablehnung z. Z. noch zu groß ist. Damit muss man rechnen, obwohl die Seitenwandantriebe approbiert und auch normenkonform sind.

Ähnlich, wie die Seitenwandantriebe sind die rückseitigen Drehantriebe *NZM..-XRAV* (**Bild 31**) einzusetzen. Auch hier besteht eine ständige Verbindung zwischen der abschließbaren schwarzen oder rot/gelben Handhabe und dem Schalter und es fehlt ebenfalls die mechanische Türverriegelung, die aber auch hier durch eine elektrische Verriegelung ersetzt werden kann. Die Seitenwandantriebe und die rückseitigen Antriebe verfügen ebenfalls über die hohen nordamerikanischen Schutzarten. Die rückseitigen Antriebe lassen sich natürlich auch in die Schaltschrankseitenwände einbauen. Von einem Einbau in die Türe, den einige Kunden praktizieren,

Bild 31: Der rückseitige Drehantrieb ist ähnlich wie der Seitenwandantrieb einsetzbar. Er erfüllt die gleichen Anforderungen aus nordamerikanischer Sicht. Allerdings bestehen z. Z. noch die gleichen Bedenken bezüglich der Akzeptanz. Wenn der Seitenwandantrieb oder der rückseitige Antrieb nicht akzeptiert wird, ist ein nachträglicher Umbau der Schaltanlage nur schwierig möglich.

sollte man sowohl in Nordamerika, als auch in IEC-Ländern, wegen der problematischen Leitungsführung, absehen.

Die in der IEC-Welt normalerweise eingesetzten und millionenfach bewährten Türkupplungsdrehgriffe werden in Nordamerika für Maschinensteuerungen, die der NFPA 79 entsprechen müssen, z. Z. noch als kritisch angesehen. Diese Griffe sind ein herausragendes Merkmal der Leistungsschalter von Eaton. Es ist daher das erklärte Ziel von Eaton, diese Griffe auch auf dem nordamerikanischen Markt durchzusetzen. Die Türkupplungsdrehgriffe mit sehr hoher Schutzart bieten eine Möglichkeit zur direkten Verriegelung mit der Schranktür, in die sie eingebaut sind. Angelastet wird den Griffen von den Gegnern, dass der Schaltergriff an der Schranktür befestigt ist und bei geöffneter Schranktür, durch die Kupplung (**Bild 32)**, vom Schalter getrennt ist. Mit diesem Griff alleine ist der Schalter bei geöffneter Tür nicht schaltbar. Um die Forderung nach einer Bedienungsmöglichkeit bei geöffneter Schranktür zu erfüllen, bietet Eaton seit einigen Jahren Zusatzhandgriffe *NZM1/2-XDZ* und *NZM3/4-XDZ (Supplementary Handles)* an, die innerhalb des Schrankes auf die Schalterachse zwischen Schalter und Kupplung montiert werden. Der Zusatzgriff muss fest montiert sein, weil Zusatzteile, die der Elektriker mitbringen müsste, nicht zulässig sind. Mit diesen Zusatzgriffen können die Schalter dann auch bei geöffneter Schaltschranktür betätigt und, wie **Bild 27 b** (Seite 52) zeigt, an dem Drehantrieb abgeschlossen werden.

Diese Zusatzgriffe können natürlich auch in IEC-Schaltanlagen eingesetzt werden, um auch hier die Betätigung der Schalter bei offenen Schranktüren zu ermöglichen. In IEC-Ländern beschäftigen sich die Normen noch nicht mit dieser Frage, wohl aber gelegentlich Sicherheitsfachleute von TÜV/DEKRA oder den Berufsgenossenschaften. Die Türkupplungsdrehgriffe haben sich bisher mit diesen Zusatzmaßnahmen sowohl für „*General-Use-Panels*“, als auch für „*Industrial Control Panels for Industrial Machinery*“ (Maschinensteuerungen) nach UL 508A und NFPA 79 bewährt. Nach einer Normänderung in UL 508A und NFPA 79 reichen diese einfachen, preiswerten Zusatzgriffe für den Einsatz in Nordamerika nicht mehr aus. Jetzt wird für derartige Zusatzgriffe zusätzlich eine Art von „Kindersicherung“ verlangt. Egal, wie man zu dieser Zusatzforderung

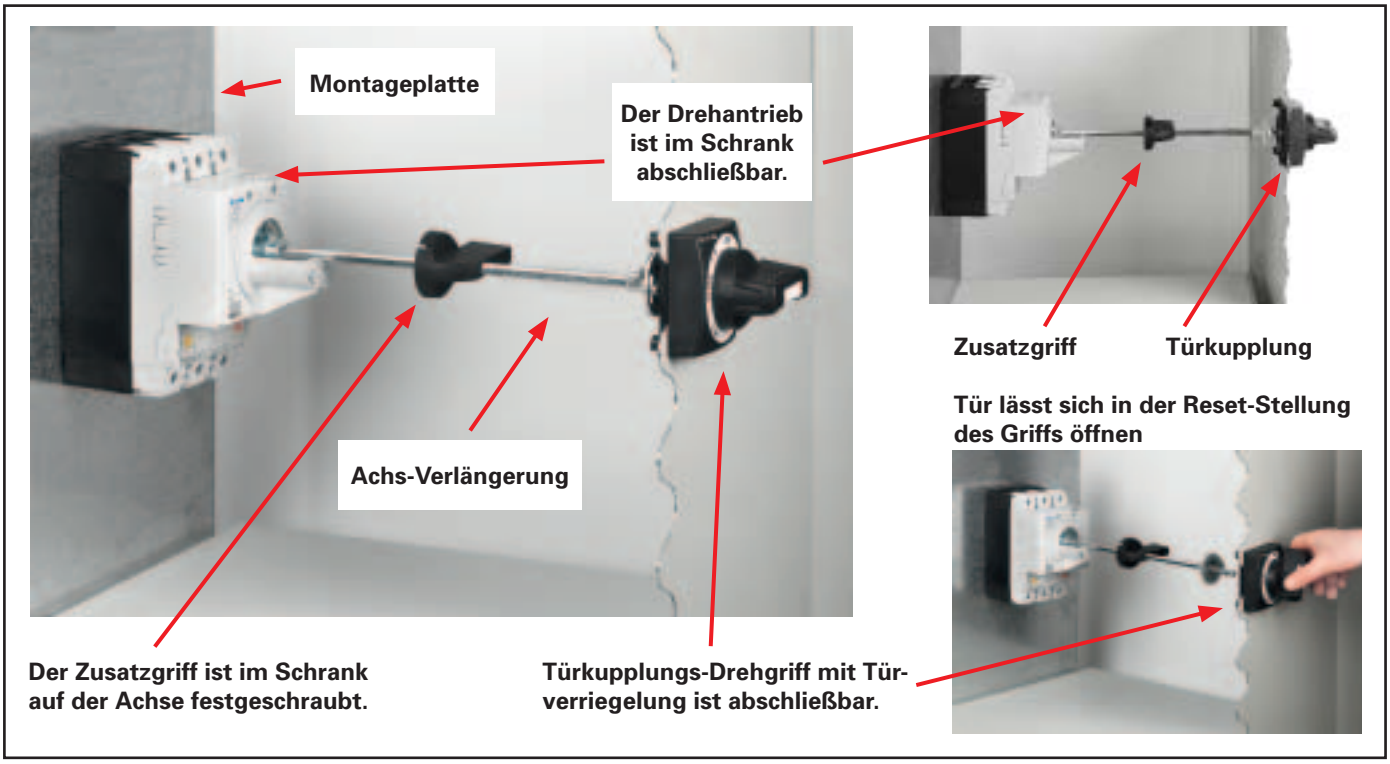


Bild 32: In der IEC-Welt verwendet man vorzugsweise Türkupplungs-Drehgriffe zur Betätigung der Schalter von außerhalb des Schrankes. Diese Art der Betätigung entspricht z. Z. noch nicht den nordamerikanischen Marktgewohnheiten. Für den Einsatz in Nordamerika konnte bisher auf die Schalterachse zusätzlich ein Zusatzgriff NZM..-XDZ montiert werden, damit der Schalter auch bei geöffneter Tür betätigt werden konnte. Der Schalter kann bei geöffneter Tür, entsprechend Bild 27 b (Seite 52), am Drehantrieb des Schalters abgeschlossen werden. Diese Lösung reicht nicht mehr aus, weil für das Einschalten jetzt eine bewusste Handlung („deliberate action“) gefordert wird. Siehe auch Bild 33 (Seite 55) und 34 (Seite 56).

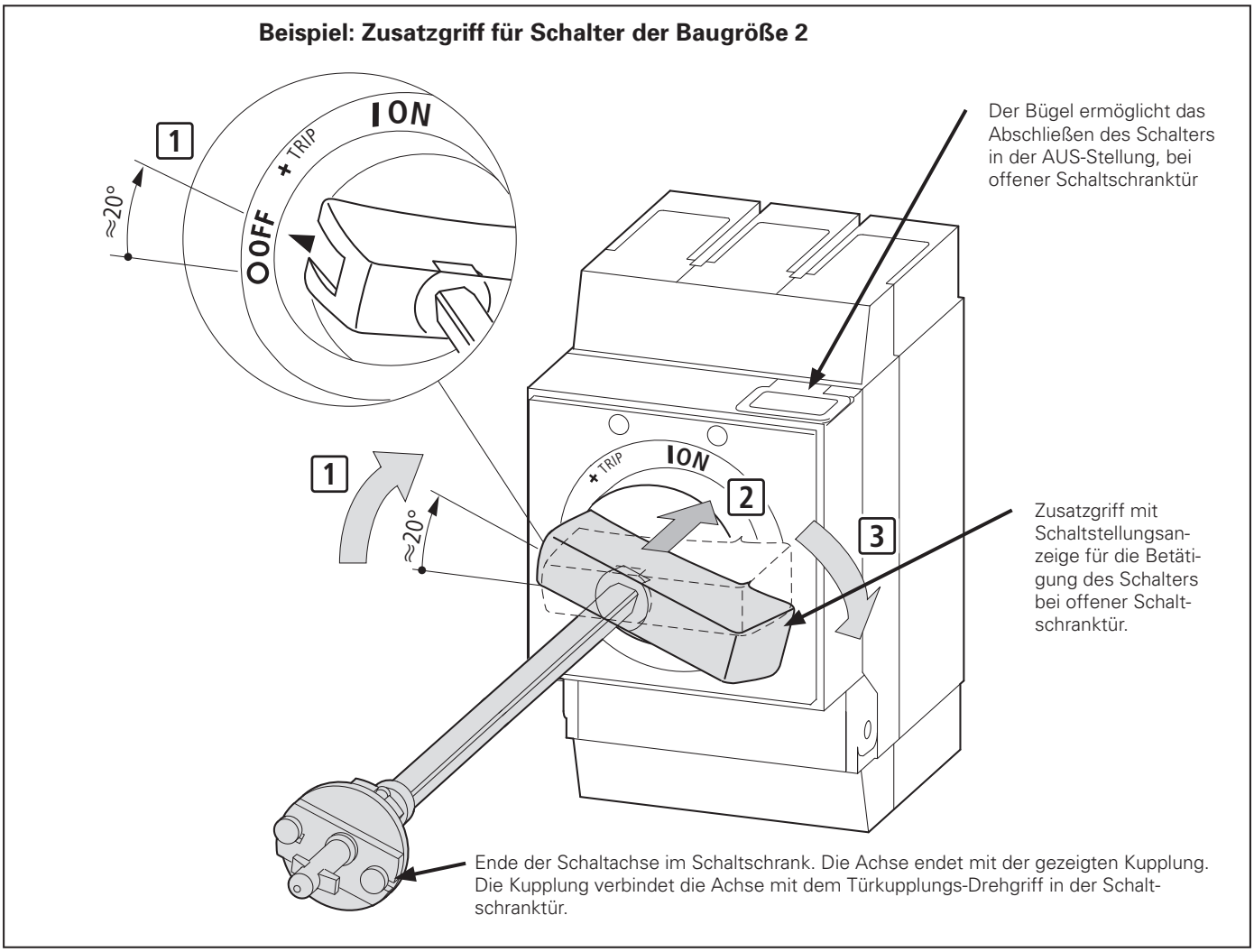


Bild 33: Der neue Zusatzgriff benötigt zum Einschalten des Schalters, wenn die Schaltschranktür, z.B. für Wartungsarbeiten offen ist, eine bewusste Handlung (Deliberate Action) durch qualifiziertes Personal. Die bewusste Handlung setzt sich aus 3 Bewegungsabläufen zusammen.
1. Der Griff wird um ca. 20° gedreht.
2. Der Griff wird in der 20°-Stellung gedrückt.
3. Der Griff wird im gedrückten Zustand bis in die EIN-Stellung gedreht.
Der eingeschaltete Schalter kann jederzeit, ohne besondere Maßnahmen, wieder ausgeschaltet werden. Der Schalter kann in der AUS-Stellung am Drehantrieb mit bis zu 3 Bügelschlössern abgeschlossen werden. Wenn der Griff beim Einschalten nicht gleichzeitig gedrückt und gedreht wird, dreht er leer durch, bis zu einem spürbaren Anschlag. Der Schalter wird dadurch nicht eingeschaltet.

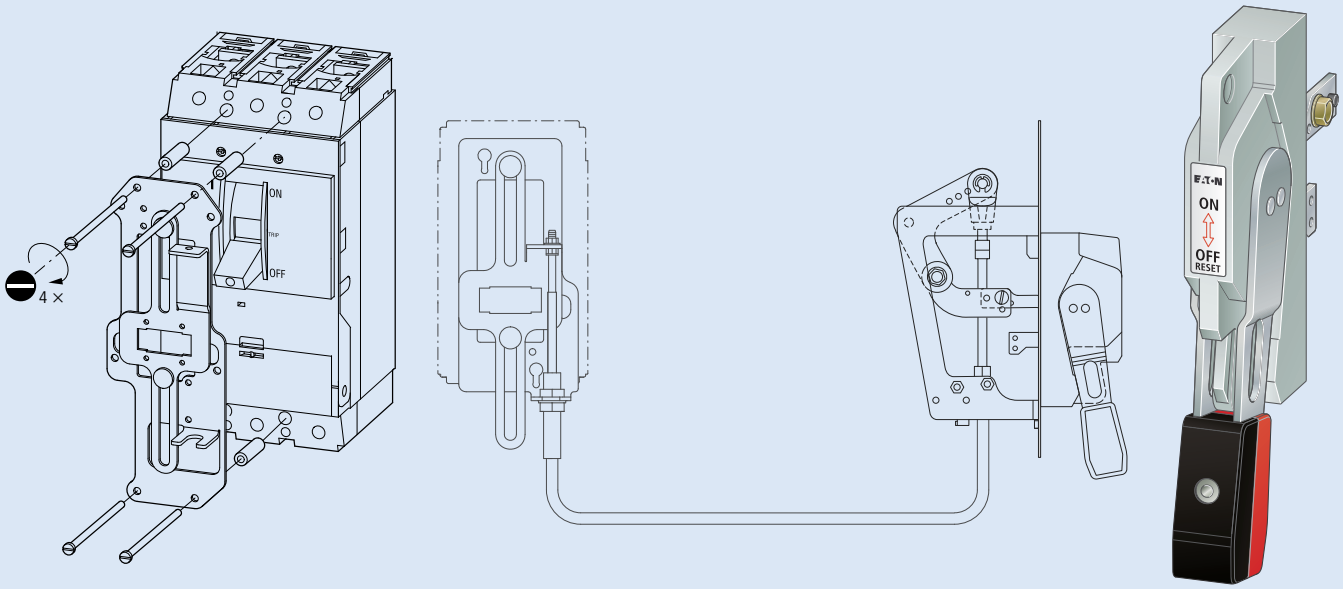
steht, auch hier bietet Eaton wieder eine Lösung, die im nächsten Absatz vorgestellt wird.

Der neue Zusatzgriff für *„deliberate action“*

Eine Änderung in einer früheren Ausgabe der NFPA 79 (von 2002) führte zu der hier beschriebenen, bedeutsamen Weiterentwicklung. Es wurde bereits in dieser alten Ausgabe der Norm verlangt, dass ein Betätigungsgriff jederzeit und unabhängig von der Türstellung das Betätigen eines Hauptschalters durch Fachleute ermöglichen muss. Genauso muss es jederzeit und wiederum unabhängig von der Türstellung möglich sein, den Schalter in der „AUS-Stellung“ *(OFF, OPEN)* abzuschließen, um eine

Bild 34: Das Bild zeigt links den Zusatzgriff für Schalter der Baugröße 2 in der EIN- (ON-) Stellung. Rechts wird der größere Zusatzgriff für die Schalterbaugrößen 3 und 4 gezeigt.

Typisch amerikanische Ausführung bei Hauptschaltergriffen bei NFPA 79-Anlagen



Die abschließbare Handhabe und die Betätigungsmechanik bleiben bei auch geöffneter Schranktür mit dem Schalter verbunden.

Bild 35: Dies ist die „typisch nordamerikanische" Lösung: Der Sicherheitsgriff für Hauptschalter nach den Vorstellungen der nordamerikanischen Anlagenbetreiber. Diese Schalterbetätigung wird an Maschinensteuerungen nach NFPA 79 erwartet. Auf den Leistungsschalter, links im Bild, wird häufig ein Schlitten für die Vertikalbewegung aufgebaut. Der abschließbare Griff (rechts) wird an einem Schrankgehäuse (Bild 36), außerhalb der Schranktür befestigt. Über einen flexiblen Bowdenzug ist der abschließbare Griff bei offener und geschlossener Schranktür mit dem Schalter verbunden. Diese Griffe bieten die Möglichkeit die Schaltschranktür mechanisch zu verriegeln. Griffe dieser Art entsprechen nicht den Anforderung an die Bedienteilfestigkeit nach IEC / EN 60 947. Diese Griffe dürfen daher ausschließlich in Nordamerika eingesetzt werden.

Betätigung sicher zu verhindern. Diese Forderungen wurden bisher mit den im vorhergehenden Kapitel beschrieben Zusatzgriffen *NZM1/2-XDZ* und *NZM3/4-XDZ* und den Drehantrieben *NZM..-XTVDV(R)* oder *NZM..-XTVDV(R)-NA* erfüllt.

Die hier beschriebenen Änderungen sind Bestandteile des Standards für *Control Panels* für elektrische Maschinen. Der Standard UL 508A wurde erstmalig im April 2001 veröffentlicht und im September 2005 umfangreich geändert. Ein Teil der Änderungen trat allerdings erst im März 2007 in Kraft. Die Änderungen bestärken jetzt deutlich die Regelung aus der NFPA 79, dass die Möglichkeit, einen Hauptschalter bei geöffneten Türen eines Schaltschrankes einzuschalten, zunächst durch eine Verriegelung verhindert werden muss. Die Verriegelung kann dann nur durch eine zusätzliche, bewusste Handlung *(Deliberate Action, defeat the interlock)* umgangen werden.

Diese Regel gilt für alle Schaltanlagen, für Maschinen und Anlagen. Genau genommen bezieht sich diese zusätzliche und bewusste Handlung in den Normen nicht direkt auf die Schalter und Schaltergriffe, sondern auf die Umgehung der obligatorischen Türverriegelung.

Da Hauptschalter, die mit Türkupplungsdrehgriffen betätigt werden, aber zwangsläufig die Besonderheit aufweisen, dass bei einer offenen Schaltschranktüre keine direkte mechanische Verbindung zwischen der Türe und dem Schalter besteht, musste das Merkmal einer „zusätzlichen, bewussten Handlung" in den Betätigungsvorgang des Zusatzgriffs im Schrank integriert werden, um so eine vollkommene Erfüllung der Anforderungen aus den beiden Normen sicherzustellen. Obwohl die Änderungen der Normen einen starken Einfluss auf Entwicklungsgesichtspunkte für Betätigungsgriffe von Hauptschaltern nehmen, ist das primäre Ziel der Änderungen nicht die Entwicklung von Schaltern schwerer zu machen, sondern das Fachpersonal soll durch die Zusatzmaßnahmen vor der Gefahr eines elektrischen Schlags an Spannung führenden Teilen geschützt werden.

Eaton verfügt über einen erfreulich hohen Marktanteil bei Hauptschaltern und bietet, vermutlich als erster europäischer Schaltgeräte-Hersteller, neue Zusatzgriffe an (**Bild 33, Bild 34**), die die verschärften Anforderungen der UL 508A und der NFPA 79 realisieren. Der Schwerpunkt der Entwicklung der neuen Zusatzgriffe lag darauf, ein einfaches Einschalten zu verhindern und stattdessen eine bewusste, nicht reflexartige Handlung erforderlich zu machen. Im Prinzip ist die Schutzfunktion mit der Kindersicherung bei Arzneimittelflaschen vergleichbar.

Als Lösung wurde ein gleichzeitiges Drücken und Drehen ab einer bestimm-

ten Position der Zusatzgriffe gewählt. Zunächst muss der Zusatzgriff zum Einschalten um ca. 20° in Ein-Richtung gedreht werden. Ab dieser Stellung muss er gleichzeitig gedrückt und gedreht werden. Der Schalter lässt sich mit dem Zusatzgriff jederzeit ohne besondere Massnahmen ausschalten. Um die notwendigen Kräfte übertragen zu können, wurden vier Baugrößen realisiert, wobei die größere Version zusätzliche Hebelarme erhielt. Wenn an den Griffen nicht gleichzeitig gedrückt und gedreht wird, lassen sie sich wirkungslos bis zu einem Anschlag drehen. Die vorgeschriebene Schaltstellungsanzeige erfolgt über eine Skala am Drehantrieb. Die Zusatzgriffe bilden eine konstruktive Einheit mit der Achsverlängerung. Die Achsverlängerung wird vom Verarbeiter in Abhängigkeit von der Einbautiefe des jeweiligen Schaltschranks abgelängt und wieder fest montiert (praktisch ein *Factory Assembling,* obwohl die Approbation auch ein *Field Assembling* zulässt).

Sowohl die bisherige, als auch die neue Lösung von Eaton sahen bzw. sehen vor, dass ein Hauptschalter über zwei Betätigungsgriffe verfügt. Der erste Griff auf der Außenseite der Tür ist bei geschlossener Tür wirksam und der zweite Zusatzgriff *(Supplementary Handle)*, auf der Schalterachse im Schrank, ist bei offener Schaltschranktür wirksam. Beim Einsatz der bisherigen Zusatzgriffe und auch bei der neuen Lösung verlangt Eaton zusätzlich die Ausstattung der Schalter mit einem im Schrank abschließbaren Drehantrieb, um eine von der Türstellung unabhängige Abschließbarkeit zu ermöglichen. So können die Schalter auch bei offener Schranktür mit Bügelschlössern gegen Wiedereinschalten gesichert werden. In Nordamerika hängt man üblicherweise im Rahmen der Richtlinien von OSHA *(Occuoational Safety and Health Administration)* zusätzlich einen Warnanhänger an Schalter mit Trenner-Funktion, die darauf hinweisen, dass die Betätigung des Schalters wegen Arbeiten an der Anlage verboten ist *(LOTO, Lockout/Tagout)*.

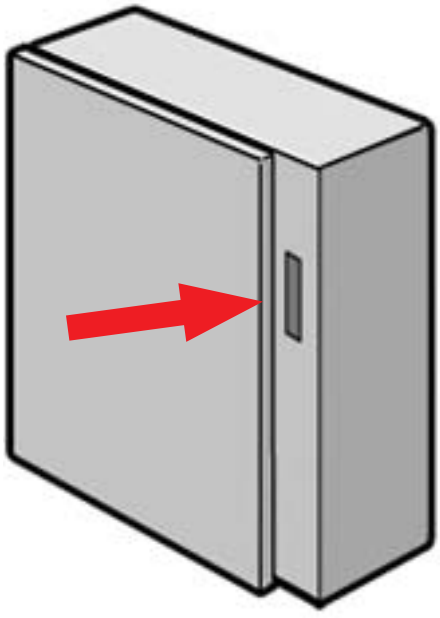


Bild 36: „Typisch nordamerikanischer" Schaltschrank mit einem Steg neben der Tür für die Aufnahme von Hauptschaltergriffen mit Vertical Motion, entsprechend Bild 35 (Seite 56).

Der Drehantrieb ist optionaler und modularer Bestandteil des Schalters. Zur Vereinfachung der Bestellung bilden die abschließbaren Drehantriebe und die Achsverlängerungen mit den werksseitig montierten, neuen Zusatzgriffen jeweils als Liefereinheit einen Hauptschalter-Bausatz mit einem einzigen Bestelltyp. UL hält den Hinweis für erforderlich, dass der Zusatzgriff als sicherheitsrelevantes Bauteil nach der Inspektion der Schaltanlage nicht wieder aus dem Schaltschrank entfernt werden darf. Wegen der Gefahr, die von einem Schaltvorgang ausgehen kann, weist ein auf den Drehantrieb aufgedruckter Warnhinweis darauf hin, dass das Betätigen des Griffes und damit das Einschalten des Schalters ausschließlich durch Fachpersonal erfolgen darf. Auf eine Erklärung der Wirkungsweise am Griff selbst wird bewusst verzichtet, um eine missbräuchliche Betätigung zu erschweren und die Handlung mehr „bewusst" zu machen. Fachleute informieren sich in der den Griffen beigefügten Bedienungsanleitung, die auch als Bestandteil der Maschinendokumentation an den späteren Betreiber der Maschine oder Anlage weitergegeben werden soll. Die Betriebsanleitung enthält zusätzlich, wie in Nordamerika erforderlich, erläuternde Texte in englischer Sprache, die die Informationen der Bilder unterstützen.

Der nordamerikanische Griff für *„vertical motion"*

In der nordamerikanischen Automobilindustrie werden die in der IEC-Welt ausschließlich eingesetzten Dreh- oder Kipphebelantriebe an Leistungsschaltern (**Bild 28)** (Seite 52) bisher grundsätzlich nicht als Handantriebe für Hauptschalter akzeptiert. Die Automobilindustrie und einige andere Branchen schreiben in Ausschreibungen generell den „*Flange Mounted Handle*" *(Vertical Motion Handles, Side Mounted Handle*[3]*, Flexible Cable Operators)*, entsprechend **Bild 35**, als Hauptschaltergriff vor. Eaton hat diese in der IEC-Welt unüblichen Schaltergriffe für die neuen Leistungsschalter *NZM* ebenfalls im Sortiment (*NZM-XSH...-NA*), für Anwendungsfälle bei denen sich die nordamerikanischen Forderungen nicht umgehen lassen. Es ist unbedingt zu beachten, dass derartige Griffe den Anforderungen der IEC/EN-Normengruppe 60 947 bezüglich der Bedienteilfestigkeit und Abschließbarkeit **nicht entsprechen**.

Diese Griffe dürfen daher ausschließlich in Nordamerika in Verkehr gebracht werden. Das war der Grund, weshalb Eaton lange gezögert hat, diese Griffe anzubieten. Eaton hat sich letztendlich den nordamerikanischen Marktgewohnheiten gebeugt. Mittlerweile beginnt man auch in der nordamerikanischen Automobilindustrie von diesen Griffen Abstand zu nehmen und sie für Neuanlagen nicht mehr grundsätzlich zu verlangen. Neben der Lösung mit dem Bowdenzug gibt es bei in Nordamerika hergestellten Schaltern auch noch die Lösung, diese Griffe direkt oder über Gestänge mit den Schaltern zu verbinden. Diese Griffe erfordern eine spezielle Art von Schaltschränken, bei denen neben der Tür ein Steg vorhanden ist, in den die Griffe montiert werden (**Bild 36**). Wenn die Schranktür geöffnet ist, bleibt der Griff in seiner alten Position weiterhin erreichbar.

Die Griffe, auch die Griffe von Eaton, lassen sich mit einem weiteren Gestänge verbinden, welches oben durch alle aneinander gebauten Schränke verläuft und welches alle Türen mechanisch ver- bzw. entriegelt. Gegen diese Griffe mit *Vertical Motion*, müssen die Türkupplungs-Drehgriffe und alle anderen Arten von Drehgriffen in Nordamerika ständig konkurrieren. Die speziellen Schränke und die beschriebenen mechanischen Türverriegelungen sind auch in den IEC-Ländern bei einigen Schaltschrankherstellern für den Export erhältlich, aber sie sind hier keineswegs üblich. Diese Lösung lässt sich einfach nicht mit dem Wunsch der europäischen Maschinen- und Anlagenbauer nach einem Weltmarktschaltschrank vereinbaren.

Kennzeichnungen, Warnhinweise und Dokumentationen

Alle Approbationen sind verbunden mit einer umfangreichen Kennzeichnungspflicht der Produkte durch den Hersteller. Damit sind nicht nur die vorgestellten

3 Nicht mit dem Seitenwandantrieb NZM..-XS-L(R) von Eaton verwechseln

Prüfzeichen (Listing Marks/Certification Marks) gemeint, sondern auch die Herstellerkennzeichnung, die Typbezeichnung, das Herstelldatum und vor allem die Darstellung der elektrischen Nennwerte (*Ratings*). Zur Lesbarkeit der Angaben auf „Labels" im eingebauten Zustand gibt es genaue Vorgaben. Einige Angaben können in Katalogen der Hersteller oder auch in Betriebsanleitungen angegeben werden. Die Beschriftungen haben in englischer Sprache zu erfolgen. Teilweise müssen zulässige Verwendungsmöglichkeiten angegeben oder Gefahrenhinweise gemacht werden. Hinweise, die in der IEC-Welt teilweise in Form von Symbolen oder Bildzeichen dargestellt werden, sollen in Nordamerika möglichst in Form eines Textes gegeben werden.

In Kanada müssen einige Angaben zusätzlich in französischer Sprache wiederholt werden. Die besondere Aufmerksamkeit des Benutzers muss mit den Worten „CAUTION", „WARNING" oder „DANGER" geweckt werden. Die Warnhinweise müssen nahe der Gefahrenstelle und klar zugeordnet erfolgen. Nicht alle Hinweise können und müssen auf dem Gerät untergebracht werden, daher haben die Bedienungsanleitungen, bei Eaton „Aufstellungs- und Wartungsanweisung, AWA" bzw. „Instruction Leaflets, IL" genannt, für den Export eine zusätzliche Bedeutung, da sie weitere Hinweise enthalten [19]. Diese Dokumentationen gehören mit zur Maschinen-Dokumentation und sie müssen an den jeweiligen Maschinenbetreiber weitergereicht werden. Bei der Erstellung von Dokumentationen zu den Produkten (komplette elektrische Maschinenausrüstung oder komplette Maschine oder Anlage) sollte man auch die speziellen Anforderungen des US-Haftungsrechts, die weit über die europäischen Vorstellungen hinausgehen können, ausreichend beachten.

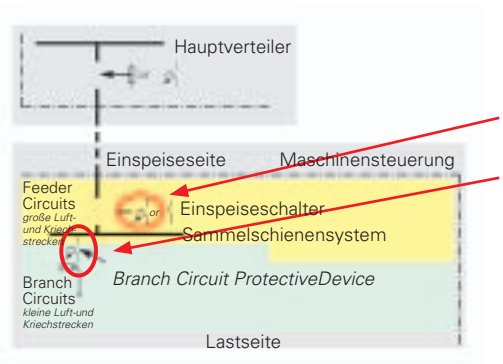
Weitere Anforderungen beim Bau von NA-Schaltanlagen

Bereits in der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass approbierte Leistungsschalter und das Know-how für die Projektierung von Motorstartern noch nicht alle Anforderungen an Schaltanlagen für Nordamerika abdecken. An verschiedenen Stellen des Aufsatzes wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass die Komponenten, die zu Motorstartern kombiniert werden sollen, gemeinsam geprüft **und** in der Approbationsakte des Herstellers (*Report*) gemeinsam gelistet sein müssen, insbesondere, um die optimalen technischen Daten nutzen zu können. Inzwischen gibt es eine Seite bei der UL, auf der die Short-Circuit Current Ratings für Kombinationen dargestellt werden.

Typisch nordamerikanische Schaltanlagen sind wesentlich größer als europäische Schaltanlagen. Das liegt einerseits an den wesentlich größeren nordamerikanischen Schaltgeräten, andererseits an den üblicherweise viel größeren Abständen und Verdrahtungsräumen zwischen den Geräten. Daher verursachen die kleineren europäischen Schaltanlagen und die wesentlich kleineren Schalt- und Schutzgeräte von vornherein bei den Inspektoren Misstrauen, welches vermutlich mit einer besonderen Aufmerksamkeit bei der Abnahme kompensiert wird. Diese Situation macht eine penible Einhaltung aller nordamerikanischen Standards erforderlich. Auch den Dokumentationen (z. B. Schaltplänen, Betriebsanleitungen) sollte der Exporteur die notwendige Aufmerksamkeit widmen. Bisher wurden in Nordamerika Schaltpläne mit ANSI-Schaltzeichen (typischerweise mit von links nach rechts verlaufenden Strompfaden) und mit nordamerikanischer Beschriftung erwartet, mittlerweile werden aber auch zunehmend IEC-Schaltzeichen akzeptiert.

Miniature Molded Case Circuit Breakers (MCCB), Standards

MCCB* für *Feeder- und Branch Circuit Protection	***MCB* für *Supplementary Protection***
USA: **UL 489** Kanada: **CSA C22.2 No. 5-09** Große Luft- und Kriechstrecken ***LISTED Component*** ←	USA: **UL 1077** Kanada: **CSA C22.2 No. 235** Kleine Luft- und Kriechstrecken ***Recognized Component*** ←



Höhe: 105 mm
Breite: 17,7 mm

Höhe: 80 mm
Breite: 17,5 mm

IEC/EN 60 898

Achtung!
Eine falsche Auswahl gehört zu den 10 häufigsten Fehlern, die bei Abnahmen in den USA auffallen.

Bild 37: Leistungsschalter FAZ..-NA (links) nach UL 489 bieten sich für den Schutz von Betriebsmitteln mit Strömen im Bereich bis 32 A als besonders wirtschaftliche Lösung an. Sie dürfen nicht mit den Miniature Circuit Breakers (rechts) verwechselt werden, die nicht als Branch Circuit Protective Devices eingesetzt werden dürfen.

Eine Zeit lang haben Exporteure parallel IEC- und ANSI-Schaltpläne angefertigt. Die Inbetriebnehmer des Herstellers konnten die IEC-Pläne und die Betreiber und die Inspektoren die *ANSI*-Schaltpläne nutzen. Nach Aussagen von Maschinenbauern ließen sich die Verdrahtungszeit und die -fehler durch die in Europa üblichen IEC-Schaltpläne reduzieren. Es empfiehlt es sich, auf den ersten Zeichnungsblättern eine Gegenüberstellung von IEC- und ANSI-Schaltzeichen bereitzustellen.

Besondere Aufmerksamkeit muss der Auswahl nordamerikanischer Sicherungs-Arten geschenkt werden, wenn nicht schmelzsicherungslos projektiert wird. Trotz unterschiedlicher Abmessungen und mechanischer Codierungen sind einige nordamerikanische Sicherungen mit unterschiedlichen Nennströmen und Auslösekennlinien noch verwechselbar. Daher müssen die Sicherungsträger nicht nur mit Gerätekennbuchstaben gekennzeichnet werden, sondern es muss auch der Type der Sicherung am Sicherungsträger angegeben werden, um den richtigen Austausch sicherzustellen.

Selbstverständlich ist approbiertes Verdrahtungsmaterial mit AWG- bzw. kcmil-Querschnitten einzusetzen. Alle Leitungsisolationen, die in einem Kabelkanal zusammen verlegt werden, müssen für die höchste im Kanal vorkommende Spannung dimensioniert sein. Selbst der kleinste Steckverbinder muss approbiert sein. Dies setzt sich in den Schaltschränken über Reihenklemmen, Schranklüfter, Schrankbeleuchtung, Steckdosen usw. fort. Wenn in der Schaltanlage vernetzte Schalt- und Automatisierungsgeräte eingesetzt werden, sollte das akzeptierte Vernetzungsprotokoll rechtzeitig und verbindlich geklärt werden.

An dieser Stelle sei noch einmal ein Hinweis auf die Projektierungs- und Fertigungskapazität im approbierten Schaltanlagenwerk des Eaton Partners SAE Schaltanlagenbau Erfurt GmbH gestattet. Dort ist alles notwendige Know-how vorhanden. Die Firma pflegt einen engen Kontakt mit den Approbationsgesellschaften. Besondere, nicht eindeutig in den Normen angesprochene Kombinationen und Einbaubedingungen können bereits während der Projektierung mit den Inspektoren und ihren Gesellschaften verbindlich geklärt werden. Das Werk verfügt darüber hinaus über eine leistungsfähige Blechverarbeitungsabteilung mit einer modernen Pulverbeschichtungsanlage für Großgehäuse, die auch den Bau individueller Maschinen-Schaltschränke nach nordamerikanischen Anforderungen mit hoher Qualität realisieren kann. Um die völlige Normen-Konformität sicherzustellen, ist es in diesem Fall erforderlich, sowohl die Projektierung, als auch den Bau der Schaltanlage gemeinsam in Erfurt durchführen zu lassen. Für die Summe aller richtig erbrachten Leistungen wird von der Firma SAE Schaltanlagenbau Erfurt das Approbationslabel für die komplette Schaltanlage vergeben. Die Firma verfügt aus der früheren Zugehörigkeit zur Moeller Firmengruppe über exzellente Referenzen. Eaton kann aber auch in anderen Regionen leistungsfähige Kunden benennen, die Aufträge für approbierte Schaltanlagen für andere Kunden ausführen.

Schaltanlagen für Nordamerika sind aufgrund ihrer größeren Abmessungen, der höheren Anforderungen an die Verarbeitung und z.T. zusätzlich notwendigen Schaltgeräten zwischen 10 und 60 % (unverbindliche Richtgröße) teurer als IEC-Schaltanlagen für gleichwertige Aufgabenstellungen. Sich nur gelegentlich mit Schaltanlagen für den nordamerikanischen Markt zu beschäftigen, ist für Maschinenbauunternehmen und für den IEC-Schaltanlagenbauer in der Regel sehr uneffektiv. Das Risiko von Abnahmeverzögerungen in Nordamerika, bei Abweichungen von den Normen, sollte nicht unterschätzt werden und die Verständigung über den großen Teich ist trotz modernster Kommunikationsmittel häufig nicht einfach, besonders wenn bei Beanstandungen erst einmal die Fronten verhärtet sind. Dies ist leicht möglich, da die nordamerikanischen Beanstandungen mit europäischem technischen Verständnis z.T. nur schwer nachvollziehbar sind.

Einfluss der Netzform auf die Schalterauswahl

Einige Schalt- und Schutzgeräte in moderner europäischer Bauform dürfen in Nordamerika ausschließlich in *starr geerdeten Stern-Netzen* eingesetzt werden. Selbst geerdete Dreieck-Netze stellen hier keine Alternative dar. Sobald auch nur ein Gerät in eine Schaltanlage eingebaut ist, das nur für eine sogenannte *Slash-Voltage* approbiert werden konnte, muss auf dem Leistungsschild des Schaltschrankes diese *Slash*-Spannung, z. B. 480 Y/ 277 V oder 600 Y/347 V, angegeben werden. Der Begriff *Slash-Voltage* kommt von dem Schrägstrich zwischen den Spannungen. Die größere Zahl gibt die Spannung Phase/Phase an und die kleinere Zahl bezeichnet die Spannung Phase/Erde /Neutralleiter. Geräte, die nur an *Slash*-Spannungen betrieben werden können, sind z. B. UL 508 Type E- und Type F-Motorstarter, Leistungsschalter der Baugrößen *NZM 1 und 2* oder die nachfolgend vorgestellten Leistungsschalter *FAZ..-NA*.

Die Feststellung der am Betriebsort vorhandenen Netzform stellt für viele Exporteure ein großes Problem dar. Generelle Aussagen zur Versorgung durch geerdete Stern- oder durch Dreieck-Netze lassen sich leider nicht machen. Besonders, wenn es sich um Serien-Maschinen handelt und der spätere Anlagenbetreiber nicht bekannt ist, kann die Netzform nicht erfragt werden. Einige Hersteller kleiner oder mittlerer Maschinen setzen in die Einspeisung einen Leistungstransformator zur Spannungsanpassung, z. B. 480/400 V. Mit diesem Transformator mit getrennten Wicklungen kann man sich dann auf der Sekundärseite sein eigenes Stern-Netz erzeugen.

Die Alternativen zu *Slash-Voltage*-Geräten sind z. B. *NZM* statt *FAZ-NA*, *PKZM4-CB* statt *NZM1*. Statt UL 508 Type E oder Type F kann vor den Motorschutzschaltern *PKZM* ein Gruppenschutzorgan eingesetzt werden. Hier werden die Approbationen der *PKZM* für *Group Protection* und als *Tap Conductor Protector* genutzt und als Gruppenschutzorgane können Leistungsschalter nach UL 489 oder Schmelzsicherungen nach UL 248 eingesetzt werden [3].

Leistungsschalter *FAZ..-NA* nach UL 489, für kleine Stromstärken

Verschiedene nicht-motorische, elektrische Betriebsmittel dürfen ausschließlich mit Leistungsschaltern nach UL 489 oder mit Schmelzsicherungen nach UL 248 geschützt werden. Derartige Betriebsmittel sind z. B. Frequenzumrichter, Transformatoren oder Heizungen. (Frequenzumrichter dürfen neuerdings auch mit UL 508 Type E-Startern geschützt werden, wenn sie damit geprüft wurden. Die zugelassenen Schutzorgane müssen vom Hersteller der Frequenzumrichter angegeben werden.)

Zur Zeit ist der kleinste Hauptstromleiter, der in Lastabgängen derartige Verbraucher versorgt, AWG 14 (für 15 A). In den letzten Jahren haben jedoch der Maschinen-Standard NFPA 79 und der NEC (NFPA 70) begonnen kleinere Querschnitte für Hauptstromleitungen zu kleinen Motoren und nicht-motorischen Lasten zu erlauben. In Frage kommen AWG 18 für 7 A oder bei Dauerbelastung für 5,6 A und AWG 16 für 10 A oder bei Dauerbelastung für 8 A. Dies ist ein Beitrag zur internationalen Harmonisierung der Leitungsquerschnitte für kleine Lasten, da 0,75 und 1,0 mm^2 häufig in Maschinensteuerungen nach der IEC/EN 60 204-1 eingesetzt werden. Die nordamerikanischen *Electrical Codes* setzen für den Schutz dieser dünnen Leitungen voraus, dass die Schutzorgane mit Listing-Marks und für diese Anwendun-

gen gekennzeichnet sind. Die ein- und mehrpoligen kleinen *Molded Case Circuit Breakers* der Eaton Produktlinie *FAZ...-**NA*** sind nach UL 489 approbiert und für den Schutz von AWG 16 und AWG 18 gekennzeichnet und damit bilden sie eine gute Alternative zum Schutz durch Schmelzsicherungen. Diese Schutzschalter dürfen nicht mit der ähnlichen Produktlinie FAZ verwechselt werden, die als *Supplementary Protectors* lediglich als *Recognized Components* approbiert sind und die nach den nordamerikanischen *Electrical Codes* nicht für den Schutz von *Feeder* und *Branch Circuits* zugelassen sind (**Bild 37**), Seite 58. Die Schutzschalter *FAZ...-NA* verfügen über die für *Energy Distribution Equipment* erforderlichen großen Luft- und Kriechstrecken. Sie sind als eigenständige *Branch Circuit Protective Devices* nach den Leistungsschalter-Standards UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09 approbiert. Diese Produktlinie der *Miniature Molded Case Circuit Breakers* steht für Ströme bis 32 A und für den Einsatz in starr geerdeten Sternnetzen mit der *Slash-Voltage* 480 Y/277 VAC zur Verfügung. Das Schaltvermögen von 10 bis 14 kA macht den Einsatz in *Industrial Control Panels* mit entsprechender Kurzschlussfestigkeit *(Short Circuit Current Rating)* möglich.

Kompakte Leistungsschalter *PKZM4-..-CB*

Aus dem bekannten Motorschutzschalter *PKZM4* konnten durch die Vergrößerung der Kriech- und Luftstrecken an den Anschlussklemmen auf der Eingangs- und Ausgangsseite der Schalter, sowie durch Prüfungen und der Approbation nach dem Standard UL 489 vollwertige Leistungsschalter entwickelt werden. Da es keine Zusatzgriffe mit der beschriebenen "deliberate action" gibt, können diese Schalter nur als besonders leistungsfähige Abgangsschutzschalter (BCPD) eingesetzt werden. Diese Schalter wurden für Betriebsmittel mit kleineren Stromstärken entwickelt. Sie weisen ein hohes SCCR von 65 kA bei 480 Y/277 V und immerhin 22 kA bei 600 Y/347 Y auf. Es wird umfangreiches Systemzubehör angeboten.

Verbindlichkeit

Wie bereits beschrieben, unterliegt das Approbationsthema häufigen Änderungen, die auch Angaben in diesem Aufsatz betreffen können. Verbindlich sind die technischen Daten im jeweils gültigen Eaton Hauptkatalog (HPL0211), in Katalogergänzungen und in den Approbationsakten. Den Geräten sind Einbau- und Bedienungsanleitungen beigefügt, die z.T. auch besondere Hinweise für den Einsatz in Nordamerika enthalten. Das Manuskript für diesen Aufsatz bezieht sich auf den Approbations- und Normenstand von Mitte 2011.

Danksagung

Der Aufsatz entstand mit freundlicher Unterstützung von:

Herrn BA Phys. Andre R. Fortin
Manager – Codes & Standards
International Corporate Advisor –
Power Products
Moeller Electric Corp.
Millbury, Massachusetts, USA
und
Herrn Dipl.-Ing. Dieter Reiß
Institute for International Product
Safety GmbH, Bonn

Literatur:

[1] *UL 489,* „Molded Case Circuit Breakers, Molded Case Switches and Circuit Breaker Enclosures“

[2] *UL 508,* „Industrial Control Equipment“
UL 60947-1, "Low Voltage Switchgear and Controlgear – Part 1: General rules"

UL 60947-4-1A, "Low Voltage Switchgear and Controlgear - Part 4-1:Contactors and Motor-Starters - Electromechanical Contactors and Motor-Starters"

[3] Wolfgang Esser,
“Besondere Bedingungen für den Einsatz von Motorschutzschaltern und Motorstartern in Nordamerika“,
VER1210+1280-928D,
Eaton Industries GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
928de auf www.moeller.net

„Special consideration governing the application of Manual Motor Controllers and Motor Starters in North America“
VER1210+1280-928GB
Eaton Industries GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
928en auf www.moeller.net

[4] *UL 508A,* Standards for Safety, “Industrial Control Panels”

[5] *NFPA 79,* Electrical Standard for Industrial Machinery, 2007 Edition

[6] „Schaltgeräte und Schaltanlagen für den Export“
VKF0211-563D
Eaton Industries GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
963de auf www.moeller.net

“Components and Systems suitable for Global Markets“
VKF0211-563GB
Eaton Industries GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
963en auf www.moeller.net

[7] *IEC/EN 60 204-1, DIN VDE 0113 Teil 1* „Sicherheit von Maschinen, Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ (2007-06-00; *IEC 204-1*: 2005, modifiziert)

[8] *UL 98,* Standards for Safety, “Enclosed and Dead-Front Switches”

[9] *UL 248-1 … 16,* Standards for Safety, „Low Voltage Fuses“

[10] *IEC/EN 60 947-2, VDE 0660 Teil 101* „Niederspannungs-Schaltgeräte, Teil 2: Leistungsschalter“ (1995 bis 1997)

[11] *IEC/EN 60 947-3, DIN VDE 0660 Teil 107* „Niederspannungs-Schaltgeräte, Teil 3: Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten“ (1992)

[12] Wolfgang Esser
„Sammelschienenadapter für die rationelle Motorstartermontage – jetzt auch für Nordamerika –“
VER4300-960D
Moeller GmbH, Bonn, 2007
Download: Quicklink ID:
960de auf www.moeller.net

“Busbar Component Adapters for modern industrial control panels“
VER4300-960GB
Moeller GmbH, Bonn, 2007
Download: Quicklink ID:
960en auf www.moeller.net

[13] *IEC/EN 60947-4-1* und *DIN VDE 0660-102* „Niederspannungs-Schaltgeräte Teil 4–1: Elektromechanische Schütze und Motorstarter“

[14] ANSI/UL 60947-1 „Standard for Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 1: General Rules“
First Edition, March 31, 2003
ISBN 0-7629-0858-0
Underwriters Laboratories Inc. (UL)
333 Pfingsten Road
Northbrook, IL 60062-2096

ANSI/UL 60947-4-1
“Standard for Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motorstarters“
Second Edition,April 20, 2004

ISBN 0-7629-0975-7
Underwriters Laboratories Inc. (UL)
333 Pfingsten Road
Northbrook, IL 60062-2096

[15] Wolfgang Esser, Dirk Meyer
„Auslösekennlinien einstellungsspezifisch darstellen und ihr Zusammenwirken kompetent beurteilen“, 2. überarbeitete Ausgabe, 2007
VER1230-943D
Moeller GmbH, Bonn, 2009
Download: Quicklink ID:
943de auf www.moeller.net

“Setting-Specific Representation of Tripping Characteristics and Competent Assessment of their Interaction“
VER1230-943GB, 2009
Download: Quicklink ID:
943en auf www.moeller.net

[16] Wolfgang Esser
„*SCCR – Overall Panel Short Circuit Current Rating* –
gemäß NEC und UL Standards -“
VER0211-959D
Moeller GmbH, Bonn, 2007
Download: Quicklink ID:
959de auf www.moeller.net

„*SCCR – Overall Panel Short Circuit Current Rating* –
per NEC und UL Standards -“
VER0211-959GB
Moeller GmbH, Bonn, 2007
Download: Quicklink ID:
959en auf www.moeller.net

[17] Wolfgang Esser
„Hauptstromkreise sicher unterbrechen, mit Lasttrennschaltern oder mit Molded Case Switches“
VER1230-950D,
Moeller GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
950de auf www.moeller.net

“Safe Isolation of Main Circuits with Switch-Disconnectors *N* or with Molded Case Switches *NS*“
VER1230-950GB
Moeller GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
950en auf www.moeller.net

[18] Wolfgang Esser
„Hauptschalter mit Drehgriffen konform mit NFPA 79 und UL 508A einsetzen – Anforderungen nordamerikanischer Normen erfüllen –“
VER1230-966D
Eaton Industries GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
966de auf www.moeller.net

“Supply circuit disconnecting means with rotary handles in compliance with NFPA 79 and UL 508A – Fulfilling key requirements of relevant North American standards –“
VER1230-966GB
Eaton Industries GmbH, Bonn, 2010
Download: Quicklink ID:
966en auf www.moeller.net

[19] Wolfgang Esser
„Erfolgreicher nach Nordamerika exportieren – durch die vorbildliche Beschriftung der approbierten Komponenten –“
VER4300-962D
Moeller GmbH, Bonn, 2008
Download: Quicklink ID:
962de auf www.moeller.net

“Be more successful in exports to North America – Using approved components -“
VER4300-962GB
Moeller GmbH, Bonn, 2008
Download: Quicklink ID:
962de auf www.moeller.net

Glossar

ANSI = American National Standards Institute
AWG = American Wire Gauge
CEC = Canadian Electrical Code
CSA = Canadian Standards Association (http://www.csa.ca)
EVU = Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen
Factory Assembling = Verarbeitung in der Werkstatt/Fabrik
Field Assembling = Verarbeitung auf der Baustelle
IEC = International Electrical Commission
kcmil = thousands circular mils
MCCB = Molded Case Circuit Breaker
NEC = National Electrical Code (USA)
NEMA = National Electrical Manufacturers Association (www.nema.org)
OEM = Original Equipment Manufacturer
OSHA = Occupational Safety and Health Act (http://www.osha.gov)
SCCR = Short Circuit Current Rating
UL = Underwriter’s Laboratories (http://www.ul.com)

Useful Tables

Table 430-248. Full-Load Currents in Amperes Single-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are for motors running at usual speeds and motors with normal torque characteristics. Motors built for especially low speeds or high torques may have higher full-load currents, and multispeed motors will have full-load current varying with speed, in which case the nameplate current ratings shall be used.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120 and 220 to 240 volts.

HP	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts
1/6	4.4	2.5	2.4	2.2
1/4	5.8	3.3	3.2	2.9
1/3	7.2	4.1	4.0	3.6
1/2	9.8	5.6	5.4	4.9
3/4	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8
1 1/2	20	11.5	11	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
7 1/2	80	46	44	40
10	100	57.5	55	50

Table 310.15(B)(16) Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0 through 2000 Volts, 60° to 90°C (140° to 194°F) Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway or Cable or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)

Size	Temperature Rating of Conductor. See Table 310-13						Size
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
AWG kcmil	Types TW[1], UF[1]	Types FEPW[1], RH[1], RHW[1] THHW[1], THW[1], THWN[1], XHHW[1] USE[1], ZW[1]	Types TBS, SA SIS, FEP[1], FEPB[1], MI RHH[1], RHW-2, THHN[1], THHW[1], THW-2[1], THWN-2[1] USE-2, XHH, XHHW[1] XHHW-2, ZW-2	Types TW[1], UF[1]	Types RH[1], RHW[1] THHW[1], THW[1], THWN[1], XHHW[1] USE[1]	Types TBS, SA, SIS, THHN[1], THHW[1], THW-2[1], THWN-2[1] RHH[1] RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	AWG kcmil
	Copper			Aluminum or Copper-Clad Aluminum			
18	....	....	14	....	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....	....
14**	15	20	25	....	....	....	....
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000
CORRECTION FACTORS							
Ambient Temp°C	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.						Ambient Temp°F
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	.91	.94	.96	.91	.94	.96	87-95
36-40	.82	.88	.91	.82	.88	.91	96-104
41-45	.71	.82	.87	.71	.82	.87	105-113
46-50	.58	.75	.82	.58	.75	.82	114-122
51-55	.41	.67	.76	.41	.67	.76	123-131
56-60	....	.58	.71	....	.58	.71	132-140
61-70	....	.33	.58	....	.33	.58	141-158
71-80	....	....	.41	....	....	.41	159-176

[1]Unless otherwise specifically permitted elsewhere in this *code*, the overcurrent protection for conductor types marked with an obelisk (†) shall not exceed 15 amperes for No. 14, 20 amperes for No. 12, and 30 amperes for No. 10 copper; or 15 amperes for No. 12 and 25 amperes for No. 10 aluminum and copper-clad aluminum after any correction factors for ambient temperature and number of conductors have been applied.

* Refer to 310.15(B)(2) for the ampacity correction factors where the ambient temperature is other than 30°C (86°F).

** Refer in 240.4(D) for conductor overcurrent protection limitations.

Table 430-250. Full-Load Current Three-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are typical for motors running at speeds usual for belted motors and motors with normal torque characteristics.

Motors built for low speeds (1200 RPM or less) or high torques may require more running current, and multispeed motors will have full-load current varying with speed. In these cases the nameplate current ratings shall be used.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120, 220, 440 to 480, and 550 to 600 volts.

	Induction Type Squirrel-cage and Wound-Rotor							Synchronous Type Unity Power Factor* Amperes			
HP	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	-	-	-	-	-
3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	-	-	-	-	-
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	-	-	-	-	-
1 1/2	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	-	-	-	-	-
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	-	-	-	-	-
3	-	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	-	-	-	-	-
5	-	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	-	-	-	-	-
7 1/2	-	25.3	24.2	22	11	9	-	-	-	-	-
10	-	32.2	30.8	28	14	11	-	-	-	-	-
15	-	48.3	46.2	42	21	17	-	-	-	-	-
20	-	62.1	59.4	54	27	22	-	-	-	-	-
25	-	78.2	74.8	68	34	27	-	53	26	21	-
30	-	92	88	80	40	32	-	63	32	26	-
40	-	120	114	104	52	41	-	83	41	33	-
50	-	150	143	130	65	52	-	104	52	42	-
60	-	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	-	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	-	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	-	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	-	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	-	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	-	-	-	-	302	242	60	-	-	-	-
300	-	-	-	-	361	289	72	-	-	-	-
350	-	-	-	-	414	336	83	-	-	-	-
400	-	-	-	-	477	382	95	-	-	-	-
450	-	-	-	-	515	412	103	-	-	-	-
500	-	-	-	-	590	472	118	-	-	-	-

*For 90 and 80 percent power factor, the above figures shall be multiplied by 1.1 and 1.25 respectively.

Table 430-91. Motor Controller Enclosure Selection Table

Provides a Degree of Protection Against the Following Environmental Conditions	For Outdoor Use Enclosure Type Number [1]						
	3	3R	3S	4	4X	6	6P
Incidental contact with the enclosed equipment	X	X	X	X	X	X	X
Rain, snow and sleet	X	X	X	X	X	X	X
Sleet*	-	-	X	-	-	-	-
Windblown dust	X	-	X	X	X	X	X
Hosedown	-	-	-	X	X	X	X
Corrosive agents	-	-	-	-	X	-	X
Occasional temporary submersion	-	-	-	-	-	X	X
Occasional prolonged submersion	-	-	-	-	-	-	X

*Mechanism shall be operable when ice covered

Provides a Degree of Protection Against the Following Environmental Conditions	For Indoor Use Enclosure Type Number [1]									
	1	2	4	4X	5	6	6P	12	12K	13
Incidental contact with the enclosed equipment	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falling dirt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falling liquids and light splashing	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Circulating dust, lint, fibers, and flyings	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X
Settling airborne dust, lint, fibers and flyings	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Hosedown and splashing water	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-
Oil and coolant seepage	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
Oil or coolant spraying and splashing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Corrosive agents	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
Occasional temporary submersion	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-
Occasional prolonged submersion	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-

[1] Enclosure type number shall be marked on the motor controller enclosure.

Useful Tables

Table A (millimeters to inches)

mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches
1	0.0393	26	1.0236	51	2.0078	76	2.9921	105	4.1338	260	10.2362
2	0.0787	27	1.0629	52	2.0472	77	3.0315	110	4.3307	270	10.6299
3	0.1181	28	1.1023	53	2.0866	78	3.0708	115	4.5275	280	11.0236
4	0.1574	29	1.1417	54	2.1259	79	3.1102	120	4.7244	290	11.4173
5	0.1968	30	1.1811	55	2.1653	80	3.1496	125	4.9212	300	11.811
6	0.2362	31	1.2204	56	2.2047	81	3.1889	130	5.1181	325	12.7952
7	0.2755	32	1.2598	57	2.2440	82	3.2283	135	5.3149	350	13.7795
8	0.3149	33	1.2992	58	2.2834	83	3.2677	140	5.5118	375	14.7637
9	0.3543	34	1.3385	59	2.3228	84	3.3070	145	5.7086	400	15.748
10	0.3937	35	1.3779	60	2.3622	85	3.3464	150	5.9055	425	16.7322
11	0.4330	36	1.4173	61	2.4015	86	3.3858	155	6.1023	450	17.7165
12	0.4724	37	1.4566	62	2.4409	87	3.4252	160	6.2992	475	18.7007
13	0.5118	38	1.4960	63	2.4803	88	3.4645	165	6.4960	500	19.685
14	0.5511	39	1.5354	64	2.5196	89	3.5039	170	6.6929	525	20.6692
15	0.5905	40	1.5748	65	2.5590	90	3.5433	175	6.8897	550	21.6535
16	0.6299	41	1.6141	66	2.5984	91	3.5826	180	7.0866	575	22.6377
17	0.6692	42	1.6535	67	2.6378	92	3.6220	185	7.2834	600	23.622
18	0.7086	43	1.6929	68	2.6771	93	3.6614	190	7.4803	650	25.5905
19	0.7480	44	1.7322	69	2.7165	94	3.7007	195	7.6771	700	27.559
20	0.7874	45	1.7716	70	2.7559	95	3.7401	200	7.874	750	29.5275
21	0.8267	46	1.8110	71	2.7952	96	3.7795	210	8.2677	800	31.496
22	0.8661	47	1.8503	72	2.8346	97	3.8189	220	8.6614	850	33.4645
23	0.9055	48	1.8897	73	2.8740	98	3.8582	230	9.0551	900	35.433
24	0.9448	49	1.9291	74	2.9133	99	3.8976	240	9.4488	950	37.4015
25	0.9842	50	1.9685	75	2.9527	100	3.937	250	9.8425	1000	39.37

Table B

decimal	fraction equivalent	decimal	fraction equivalent
0.0156	1/64	0.5156	33/64
0.0312	1/32	0.5312	17/32
0.0469	3/64	0.5469	35/64
0.0625	1/16	0.5625	9/16
0.0781	5/64	0.5781	37/64
0.0937	3/32	0.5937	19/32
0.1094	7/64	0.6094	39/64
0.125	1/8	0.625	5/8
0.1406	9/64	0.6406	41/64
0.1562	5/32	0.6562	21/32
0.1719	11/64	0.6719	43/64
0.1875	3/16	0.6875	11/16
0.2031	13/64	0.7031	45/64
0.2187	7/32	0.7187	23/32
0.2344	15/64	0.7344	47/64
0.25	14	0.75	3/4
0.2656	17/64	0.7656	49/64
0.2812	9/32	0.7812	25/32
0.2969	19/64	0.7969	51/64
0.3125	5/16	0.8125	13/16
0.3281	21/64	0.8281	53/64
0.3437	11/32	0.8437	27/32
0.3594	23/64	0.8594	55/64
0.375	3/8	0.875	7/8
0.3906	25/64	0.8906	57/64
0.4062	13/32	0.9062	29/32
0.4219	27/64	0.9219	59/64
0.4375	7/16	0.9375	15/16
0.4531	29/64	0.9531	61/64
0.4687	15/32	0.9687	31/32
0.4844	31/64	0.9844	63/64
0.5	1/2	1.0	1

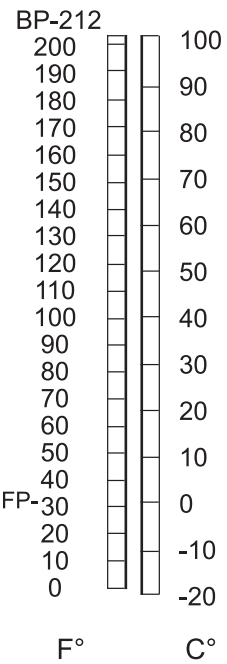
How to use conversion table A and B

To convert millimeters to inches:

a) 27 mm - from table A, 27 mm = 1.0629"
+ from table B, 0.0629 = 1/16" Therefore 27 mm = 1-1/16"

b) 295 mm - from table A, 290 mm = 11.4173"
+ 5 mm = 0.1968"
+ from Table B, 0.6141 = 39/64" Therefore 295 mm = 11-39/64"

To convert	to...	multiply by....
Atmospheres	pounds per square inch	14.7
Cubic centimeters	cubic inches	0.06102
Cubic Inches	cubic centimeters	16.39
Feet	meters	0.3048
Gallons (Br. imp.)	liters	4.546
Gallons (U.S.)	liters	3.785
Grams	ounces (avoirdupois)	0.0353
HP	kilowatts	0.7457
Kilograms	pounds	2.205
Kilograms	tons (2,000 lb)	0.001102
kilograms	tons (2,240 lb)	0.0009842
Kilometers	miles	0.6214
Kilowatts	HP	1.341
Joules	calories	0.239
Liters	gallons (Br. imp.)	0.220
Liters	gallons (U.S.)	0.2642
Meters	feet	3.281
Meters	yards	1.094
Miles	kilometers	1.609
Millimeters	inches	0.03937
Newton (force)	pounds	0.2248
Ounces (avoirdupois)	grams	28.349
Pounds	kilograms	0.4536
Tons (2,000 lb)	kilograms	907.18
Tons (2,240 lb)	kilograms	1016.0
Yards	meters	0.9144
Newton meter	foot-pounds	.737



Gewährleistungsausschluss und Haftungsbeschränkung

Die Informationen, Empfehlungen, Beschreibungen und Sicherheitshinweise in diesem Dokument basieren auf den Erfahrungen und Einschätzungen der Eaton Corporation („Eaton") und berücksichtigen möglicherweise nicht alle Eventualitäten. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an ein Verkaufsbüro von Eaton. Der Verkauf der in diesen Unterlagen dargestellten Produkte erfolgt zu den Bedingungen und Konditionen, die in den entsprechenden Verkaufsrichtlinien von Eaton oder sonstigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen Eaton und dem Käufer enthalten sind. Es existieren keine Abreden, Vereinbarungen, Gewährleistungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschließlich einer Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Zweck oder der Marktgängigkeit, außer soweit in einem bestehenden Vertrag zwischen den Parteien ausdrücklich vereinbart. Jeder solche Vertrag stellt die Verpflichtungen von Eaton abschließend dar. Der Inhalt dieses Dokumentes wird weder Bestandteil eines Vertrages zwischen den Parteien noch führt er zu dessen Änderung. Eaton übernimmt gegenüber dem Käufer oder Nutzer in keinem Fall eine vertragliche, deliktische (einschließlich Fahrlässigkeit), verschuldensunabhängige oder sonstige Haftung für außergewöhnliche, indirekte oder mittelbare Schäden, Folgeschäden bzw. -verluste irgendeiner Art – unter anderem einschließlich, aber nicht beschränkt auf Schäden an bzw. Nutzungsausfälle von Geräten, Anlagen oder Stromanlagen, von Vermögensschäden, Stromausfällen, Zusatzkosten in Verbindung mit der Nutzung bestehender Stromanlagen, oder Schadensersatzforderungen gegenüber dem Käufer oder Nutzer durch deren Kunden – infolge der Verwendung der hierin enthaltenen Informationen, Empfehlungen und Beschreibungen. Wir behalten uns Änderungen der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen vor. Fotos und Abbildungen dienen lediglich als Hinweis und begründen keine Verpflichtung oder Haftung seitens Eaton.

Eaton Electric GmbH
Kunden-Service-Center
Postfach 1880
53105 Bonn

Auftragsbearbeitung
Kaufmännische Abwicklung
Direktbezug
Tel. 0228 602-3702
Fax 0228 602-69402
E-Mail: Bestellungen-Bonn@eaton.com

Kaufmännische Abwicklung
Elektrogroßhandel
Tel. 0228 602-3701
Fax 0228 602-69401
E-Mail: Bestellungen-Handel-Bonn@eaton.com

Technik
Technische Auskünfte / Produktberatung
Tel. 0228 602-3704
Fax 0228 602-69404
E-Mail: Technik-Bonn@eaton.com

Anfragen / Angebotserstellung
Tel. 0228 602-3703
Fax 0228 602-69403
E-Mail: Anfragen-Bonn@eaton.com

Qualitätssicherung / Reklamationen
Tel. 0228 602-3705
Fax 0228 602-69405
E-Mail: Qualitaetssicherung-Bonn@eaton.com

Zentrale
Tel. 0228 602-5600
Fax 0228 602-5601

Schweiz
Internet: www.moeller.ch

Lausanne
Eaton Industries II Sarl
Chemin du Vallon 26
1030 Bussigny
Tel. +41 58 458 14 68
Fax +41 58 458 14 69
E-Mail: lausanneswitzerland@eaton.com

Zürich
Eaton Industries II GmbH
Im Langhag 14
8307 Effretikon
Tel. +41 58 458 14 14
Fax +41 58 458 14 88
E-Mail: effretikonswitzerland@eaton.com

Österreich
Internet: www.moeller.at / www.eaton.com

Wien
Eaton GmbH
Scheydgasse 42
1215 Wien, Austria
Tel. +43 (0)50868-0
Fax: +43 (0)50868-3500
Email: InfoAustria@Eaton.com

After Sales Service
Eaton Industries GmbH
Hein-Moeller-Straße 7-11
53115 Bonn
Tel. +49 (0) 228 602-3640
Fax +49 (0) 228 602-1789
Hotline +49 (0) 1805 223822
E-Mail: AfterSalesEGBonn@Eaton.com
www.moeller.net/aftersales

Eaton's Electrical Sector ist weltweit führend in den Bereichen Energieverteilung, unterbrechungsfreie Stromversorgung, Schalten, Schützen, Automatisieren und Visualisieren von industriellen Prozessen. Durch die Kombination der breiten Produktpalette und unseren Ingenieur-Dienstleistungen liefern wir weltweit Energiemanagement-Lösungen zur Realisierung höchster Anforderungen im Maschinenbau, in Industrieanlagen, öffentlichen Einrichtungen, Zweck- und Wohnbauten, Rechenzentren, der IT, der Energieversorgung sowie im Handel oder bei alternativen Energien.

Unsere Lösungen helfen Unternehmen nachhaltige Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Durch ein vorausschauendes Energiemanagement der elektrischen Infrastruktur über die gesamte Lebensdauer hinweg, bieten wir größere Sicherheit, höhere Zuverlässigkeit und Energieeffizienz. Weitere Informationen finden Sie unter www.eaton.com/electrical.

E-Mail: info-bonn@eaton.com
Internet: www.eaton.com/moellerproducts

Herausgeber:
Eaton Corporation
Electrical Sector – EMEA

Eaton Industries GmbH
Hein-Moeller-Str. 7-11
D-53115 Bonn

© 2011 by Eaton Industries GmbH
Änderungen vorbehalten

VER1230-939D ip 06/11
Printed in Germany (06/11)
Artikelnr.: 285780

4 015082 857806

Powering Business Worldwide